

Ciel&espace

PREMIÈRES ÉTOILES DE L'UNIVERS

LES ASTRONOMES LES APERÇOIVENT !

DOM : 10,70 € - BELUX : 10,70 € - SUISSE : 15,90 CHF - CAN : 16,99 \$ - ESP/ITA/GR/PORT/ROM : 10,70 € - MAR : 112 MAD - TOM : 1340 XPF - TUN : 24,8 TND

ENQUÊTE

UN MARCHÉ DE
L'ASTRONOMIE MONDIALISÉ



DOSSIER

COSMOLOGIE : L'ÉNERGIE
SOMBRE EN QUESTION

DÉCOUVERTE

LA PREMIÈRE VRAIE
PLANÈTE ERRANTE

L 13490 - 606 - F : 9,90 € - RD



Le 12 août 2026 le Soleil s'éclipse



Rendez-vous sur **eclipseinfo.fr**

Retrouvez toutes les informations sur cet événement unique :
horaires, zones de visibilité, conseils d'observation, lunettes éclipse et ressources pédagogiques

MA SORCIÈRE BIEN AIMÉE

Alain Cirou,
directeur de la rédaction



Le public se presse aux portes du salon « Au cœur de l'invisible » à l'Espace Champerret, à Paris, ce vendredi 13 février 2026. « Venez à la rencontre de voyants, médiums, praticiens et chercheurs de lumière pour un voyage au-delà du visible », clament les organisateurs de « L'événement de la voyance et de la parapsychologie ». On y vient aussi parler emploi avec des parents, munis de la photo de leurs enfants, qui cherchent un médium pour les aider à s'orienter dans les choix de carrière proposés par Parcoursup. Le phénomène n'a rien de nouveau. Dans une enquête Ifop il y a quelques années, un Français sur trois déclarait avoir déjà consulté un voyant ou envisageait de le faire pour des choix de vie. Un chiffre en augmentation constante. Au détour d'une allée, un écran télé diffuse les images d'une chaîne info qui égrène le compte à rebours du lancement de la mission Crew 12 vers la station spatiale internationale. Le visage souriant de l'astronaute européenne Sophie Adenot y éclaire d'un rayon de Soleil un mois noyé sous les intempéries exceptionnelles qui touchent le Vieux Continent.

Présentée comme « celle qui a cru en ses rêves d'enfant » et qui les voit se réaliser, la seconde Française à rejoindre l'ISS impose, bien malgré elle, l'image de l'extraordinaire puissance onirique du voyage dans l'espace. Même si des centaines d'autres l'ont précédée, que sa destination est un agrégat de laboratoires vieillissants, tournant autour du globe depuis plus d'un quart de siècle, sans autre futur qu'une plongée dans l'océan prévue à la fin de la décennie, l'état du carrosse n'enlève rien à la magie de la princesse.

Comme le choix du nom d'Artémis — sœur jumelle d'Apollon et déesse de la Lune chez les Romains — pour le programme du retour américain vers l'astre des nuits ; mais aussi de Chang'e, cette déesse chinoise, qui a avalé un élixir d'immortalité et s'échappe dans la Lune d'où elle ne redescend plus, pour désigner officiellement

l'ambition de la Chine d'investir le pôle Sud de Séléné avant la fin 2030, il est clair que ces figures féminines idéalisées marquent un changement d'époque. Et distillent de nouveaux récits. Dont est exclu, par essence, tout ce qui empêche de « rêver ».

Comme l'appropriation outrageuse, par quelques acteurs privés, des orbites basses pour y installer des constellations de centaines de milliers de satellites. Dégradant de facto l'accès du ciel aux astronomes et aux observateurs des merveilles de la voûte étoilée. Comme le débat démocratique qui devrait s'organiser autour du thème de l'exploitation des ressources spatiales, du droit d'occupation de la Lune et des corps célestes, des activités civiles et militaires en orbite. Le modèle de l'ISS étant — tout le monde le sait — issu d'un monde ancien qui a peu de chance de perdurer.

Il y a un risque certain à abandonner toute lucidité, toute discussion rationnelle, sur le sens, les moyens et les destinations du vol habité. En particulier en Europe, où la dépendance aux vaisseaux états-uniens se fait chaque jour plus critique. S'il faut se réjouir de l'enthousiasme pour l'exploration et la science en microgravité, comprendre le besoin de récits et de héros populaires pour nourrir la curiosité et l'imagination, il faut aussi, et rapidement, s'emparer du débat sur la place et le rôle que nous souhaitons occuper au cours des prochaines décennies entre la Terre et la Lune.

Au salon de la voyance, il y a aussi le « coin des sorcières » où l'on explique l'origine du mot. Qui serait « la source ». Une « sorcière » était, toujours selon les organisateurs décomplexés, « une femme connectée à la nature, aux cycles, aux éléments et aux mondes subtils. Guidée par l'intuition, elle était aussi la gardienne de la lumière cachée. » Ce jour-là, à bien regarder notre astronaute rayonnante, nous n'aurions pas été surpris de la voir dégainer une baguette magique. Un autre rêve d'enfant ?

Ils sont au générique de ce numéro



PHILIPPE HENAREJOS

Avant de devenir journaliste formé dans la presse quotidienne régionale, Philippe Henarejos, rédacteur en chef, a été astronome amateur depuis le plus jeune âge. Destination : la Lune. Il suit donc de près tous les programmes spatiaux lunaires. Et l'actualité de tout l'Univers...



ÉMILIE MARTIN

Passionnée de journalisme de terrain, Émilie Martin est notre reporter. Observatoires, centres spatiaux, laboratoires et astronomes en mission sont ses sujets de prédilection, également pour des documentaires qu'elle coécrit pour la télévision.



GUILLAUME LANGIN

Passé par un grand groupe aérospatial, puis un observatoire astronomique, Guillaume devient journaliste en 2018. Il intègre la rédaction de *Ciel & espace* l'année suivante. De l'orée des trous noirs aux cabriolets en orbite basse, il filtre l'info avec une méthode simple : douter de tout ce qu'il lit, voit et entend !



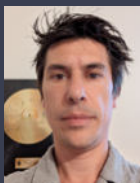
STÉPHANE FAY

Passionné par l'astronomie et plus particulièrement par la cosmologie, Stéphane l'étudie depuis 1995. Il est l'auteur d'une quarantaine d'articles de recherche et partage sa passion avec les lecteurs de *Ciel & espace* depuis 2004.



PIERRE GIRAudeau

Passionné de physique depuis toujours, Pierre s'est lancé dans le journalisme scientifique après une formation d'ingénieur nucléaire.



BRICE HAZIZA

Médiateur scientifique habitant Laniakea, Brice Haziza est passionné de cosmologie, de physique stellaire et d'histoire de l'astronomie.



DAVID FOSSÉ

Docteur en astrophysique, notre rédacteur en chef adjoint a troqué un temps son télescope d'amateur contre les radiotélescopes géants. Aujourd'hui, il explore toutes les facettes de l'astronomie avec sa plume. Il est aussi la voix des podcasts de *Ciel & espace*.



JEAN-LUC DAUVERGNE

Jean-Luc est astronome amateur aguerri et passionné de photographie. Il est notre expert ès télescopes. Mais avant tout, il est journaliste scientifique spécialisé en astronomie, auteur d'ouvrages, de documentaires et de contenus de vulgarisation sur YouTube.



OLIVIER HODASAVA

Directeur artistique de *Ciel & espace*, il joue avec textes et photographies. Il aime à remonter le temps en découvrant archives et images anciennes. Il est l'un des membres fondateurs de l'Ouvroir de cartographie potentielle, et l'auteur de trois romans publiés aux éditions Inculte.



EMMANUEL BEAUDOIN

Enseignant-chercheur en physique à l'université Paris-Saclay, il contribue à l'étude des atmosphères planétaires. Il observe et photographie le ciel depuis plus de quarante ans. Auteur de plusieurs ouvrages de vulgarisation sur l'astronomie, il est également conférencier et anime des ateliers pédagogiques.



MATHIS DE GÉA

Ingénieur de formation, Mathis a d'abord été un fervent lecteur de *Ciel & espace* avant d'y faire ses premières armes lors d'un stage en 2022. Aujourd'hui journaliste, il partage régulièrement sa passion pour l'astronomie dans les pages du magazine.



LAURENT SCHAFER

Journaliste-illustrateur, Laurent est l'auteur des bandes dessinées *Quantix* (2019), *Infinix* (2021) et *Cosmix* (2024), aux éditions Dunod. Ces BD explorent notre étrange réalité quantique et relative, tout en s'interrogeant sur notre place dans l'Univers.



PIERRE DRAPPIER

Professeur agrégé de philosophie, Pierre est passionné par la science-fiction, la préhistoire et les expériences de pensée en tout genre. Il écrit depuis plusieurs années un essai philosophique sur l'exploration spatiale.



17, rue Émile-Deutsch-de-la-Meurthe 75014 Paris
Tél. : 01 45 89 81 44.
www.cieletespace.fr

Directeur de la publication : le président de l'AFA, Olivier Las Vergnas

Directeur de la rédaction : Alain Cirou, alain.cirou@cieletespace.fr

Rédacteur en chef : Philippe Henarejos, philippe.henarejos@cieletespace.fr

Rédacteur en chef adjoint : David Fossé, d.fosse@cieletespace.fr

Chef-fes de rubrique : Jean-Luc Dauvergne, jl.dauvergne@cieletespace.fr
Émilie Martin, e.martin@cieletespace.fr

Rédacteur : Guillaume Langin, guillaume.langin@cieletespace.fr

Ont collaboré à ce numéro : Pierre Drappier, Pierre Girardeau, Brice Haziza, Mathis De Géa, Stéphane Fay et Emmanuel Beaudoin

Secrétaire de rédaction : Emmanuelle Lancel, e.lancel@cieletespace.fr

Direction artistique : Olivier Hodasava, o.hodasava@cieletespace.fr
assisté de Florence Can

Publicité et développement commercial : Pauline Alcouffe, pauline.alcouffe@afastronomie.fr

Contact photo : Nicolas Franco, contact@galleryastro.fr

Comptabilité : Sandrine Dorbais, s.dorbais@cieletespace.fr - 2

Contact diffuseurs de presse : Destination média.
Tél. : 01 56 82 12 04.

Abonnement : Ciel & espace c/o Opper CS 60003, 31242 L'Union Cedex. Tél. : 05 34 56 35 60 (10 h-12 h/14 h-17 h).
Site : www.cieletespace.fr/abonnement

Abonnement Canada : Express Mag, 3339 rue Griffith, Saint-Laurent QC H4T 1W5. Tél. : 1(800) 363-1310 ou (514) 355-3333.

Mail : expsmag@expressmag.com.

Abonnement États-Unis : Express Magazine, PO Box 2769 Plattsburgh (New York) 12901 - 0239. Tél. : 1(800) 363 1310 ou (877) 363 1310.

Mail : expsmag@expressmag.com.

ISSN n° 0373-9139.
CPPAP n°1028 G 83672. Imprimé en France par Agir Graphic 53000 Laval. Distribué par les MLP. N° 606, 4/2026. Dépôt légal à parution. © 2026 AFA



Papier certifié FEPC.
Origine : Autriche et Finlande.
Fibres recyclées : 0.
P tot. : 0,01 kg/t (couverture) et 0,1 kg/t (intérieur).



sommaire

3

ÉDITORIAL

6

L'IMAGE À REMONTER LE TEMPS

« Je veux ! Je veux ! »

8

LIRE, VOIR

Beaux livres,
match à trois

12

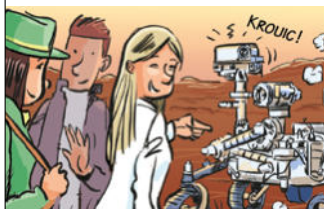
REGARD

Au-delà d'*Avatar*

14

AGENDA

L'actualité de la culture



16

BANDE DESSINÉE

La vie sur Mars ? (partie 2)

16

ÉCHOS DU CIEL

Sébastien Charnoz : « *Un jeu de billard très complexe autour de Saturne* »

Bételgeuse n'est pas seule,
et ça la perturbe !

Des chiffres et des astres

Le JWST réalise la carte
la plus précise
de la matière noire

29

DRÔLES D'IDÉES

Pigmenter les séjours
en orbite



40 **DOSSIER**

Expansion de l'Univers

L'énergie sombre mise en question

42 Desi franchit le Rubicon

46 Coup de frein sur l'expansion cosmique

50 Et si les trous noirs étaient l'énergie sombre ?

54 Vivian Poulin : « Le modèle cosmologique
actuel n'est pas le fin mot de l'histoire »

30

À LA VITESSE DE LA LUMIÈRE

32

TOUT IMAGE

58

ENQUÊTE EN COUVERTURE

Quête des premières étoiles : les astronomes touchent au but



66

PORTFOLIO

Le VLT, observatoire
7 étoiles

70

DÉCOUVERTE

Le bal des planètes
flottantes est ouvert !

74

ENQUÊTE

Le marché de
l'astronomie
à l'épreuve de la
mondialisation

80

REPORTAGE

À Meudon, les photos
d'antan font preuve
de science

84

DÉCOUVERTE

Un filament cosmique
qui donne le tournis

88

HISTOIRE

L'observatoire de Lyon,
ou la revanche par la
science

94

VOUS ÊTES ICI

Au sommet de Pluton

100

DU CÔTÉ DE L'AFA

Tout pour se préparer
à la grande éclipse
du 12 août



104

PREMIER CONTACT

La galaxie du Tournesol

108

OBSERVATION

Rendez une visite
aux Gémeaux

112

TEST

Lunette Vixen SD115S II :
la qualité du Soleil levant

118

OUVERT LA NUIT

Vos plus belles photos du ciel

126

DANS LE CIEL

*Les rendez-vous étoilés
de ces deux mois*

130

À L'ŒIL NU

Procyon, gros soleil
accompagné d'un résidu
stellaire

En couverture :
L'amas Westerlund 2, vu
par Hubble. Lire page 34.



© Nasa, ESA, Hubble Heritage Project

Prochaine parution
le **13 mai**

« JE VEUX ! JE VEUX ! »

Expression d'une idée folle de voir un jour l'homme conquérir la Lune, cette gravure, œuvre de William Blake, poète et artiste visionnaire, n'est peut-être après tout qu'une simple métaphore pour dire l'ambition destructrice qui naît de la capacité de l'humanité à rêver.

Olivier Hodasava

La gravure date de 1793. Elle est l'œuvre de William Blake, illustre peintre, graveur et poète britannique. Elle fait partie d'un lot de dix-huit planches regroupées sous l'intitulé *For Children : The Gates Of Paradise*. William Blake a pensé cette série comme un voyage allégorique allant de la naissance d'un homme à sa mort, faisant la part belle à la transcendance.

La figure présentée ici est à peine plus grande qu'une carte à jouer dans la réalité. Bien que numérotée « 9 », elle est la onzième de la série. Formellement épurée (T. S. Eliot a salué dans la gravure de William Blake un travail extraordinaire de simplification pour « *exposer [...] la force essentielle de l'âme humaine* »), elle montre un homme au bord du royaume terrestre s'apprêtant à gravir une échelle démesurée qui perce le cosmos jusqu'à atteindre une inaccessible Lune.

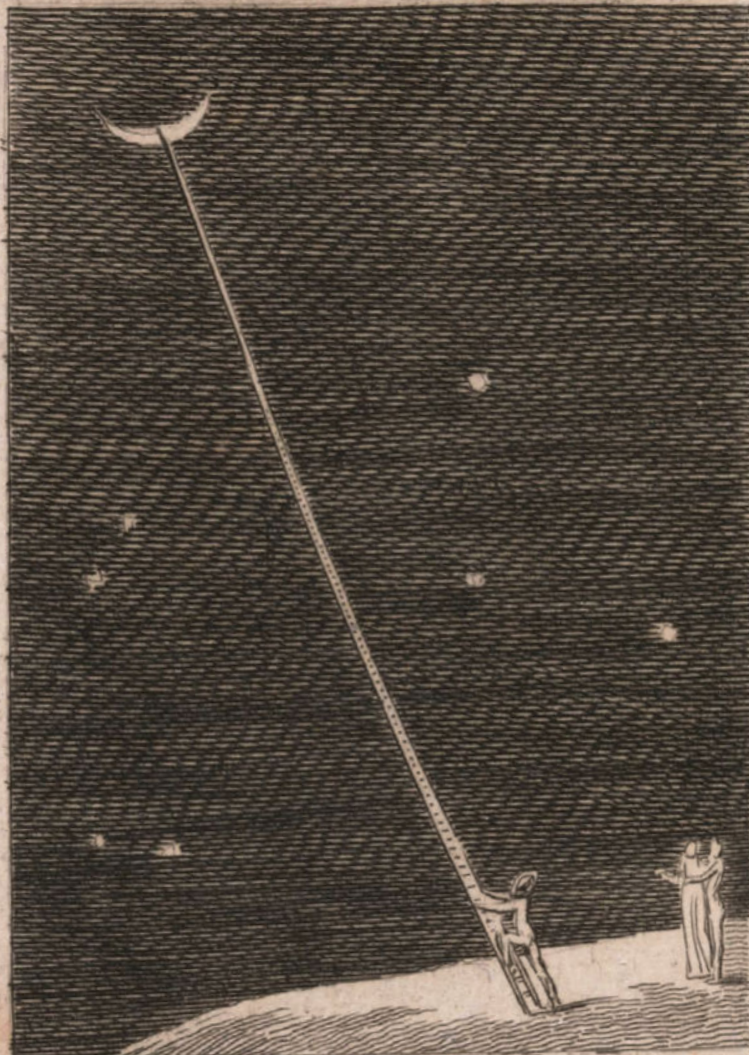
Au-delà de la poésie de l'image, ce qui frappe avant toute chose, ce sont ces mots en légende, ponctués d'exclamations : « *I want ! I want ! ** » Sont-ils ici pour

dire l'aspiration sans espoir ? La volonté inhérente à l'homme d'atteindre l'inatteignable ? Sont-ils là pour satiriser les obsessions de l'époque des Lumières ou les idéaux romantiques (la gravure a été réalisée au plus fort de la Terreur révolutionnaire française) ? Peut-être.

Certains veulent voir cependant dans cette gravure, près de 175 ans avant le premier pas lunaire de Neil Armstrong, une représentation visionnaire, précoce, de ce que sera un jour l'exploration spatiale. Toujours est-il qu'aujourd'hui ce « *I want ! I want !* », qui ressemble à un cri d'enfant submergé par son désir, résonne étrangement dans une époque ô combien chahutée, où l'incantation semble faire loi, et où l'industrie spatiale, par exemple à travers les rêves de conquête martienne d'Elon Musk, semble construite essentiellement sur la base d'injonctions débridées. ☹

* « *Je veux ! Je veux !* »

Cette image est issue de la série *For Children : The Gates Of Paradise*, parue en 1793. Son auteur, William Blake, vient de mettre au point un procédé inédit de gravure en creux. Il peut combiner image gravée et texte sur une même plaque d'impression. Cette innovation lui donne un contrôle sans précédent sur la mise en page imprimée. Lui, le poète, peut enfin accompagner ses images de mots écrits de sa main. © Yale Center for British Art



9

I want! I want!

Pub^d by WBlake 17 May 1793

BEAUX LIVRES, MATCH À TROIS

Avec ses sondes d'exploration planétaire, ses fabuleuses images de nébuleuses et de galaxies, ses horizons infinis et son histoire plurimillénaire, l'astronomie se prête bien à l'édition de beaux livres. Mais comment choisir ? Nous avons passé trois publications récentes au banc d'essai...

David Fossé

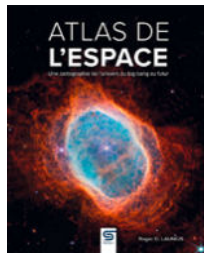
Vous les avez vus sur les étals des librairies, où ils prennent généralement une belle place. Leurs couvertures chatoyantes attirent, mais elles ne vous aident pas vraiment à vous décider... Bien sûr, vous ne pouvez pas les acheter tous ! Alors : celui-ci, ou celui-là ? La nébuleuse bleue, ou la nébuleuse rose ? Au-delà de la couverture, il vous faudrait plonger dans les

textes pour vous faire une idée. Et puis tourner les pages une à une, pour jauger de la qualité de l'iconographie. Mais vous n'en avez pas le temps... Nous l'avons donc pris pour vous. Voici, sur trois critères bien identifiés — qualité des textes, qualité de la mise en page, actualité des informations — ce que nous avons pensé de trois beaux livres publiés récemment.



LE GRAND ATLAS DE L'ASTRONOMIE

Collectif, préfacé par Hubert Reeves / Glénat / 320 p. / 39,95 €



ATLAS DE L'ESPACE

Roger Launius / Sophia éditions / 400 p. / 49 €



COSMOS

Collectif, préfacé par Becky Smethurst / Larousse / 340 p. / 39,95 €

QUALITÉ DES TEXTES

LE GRAND ATLAS DE L'ASTRONOMIE ★★★☆

« Le Système solaire », « Les étoiles », « Les galaxies », « Les constellations », « Technologie spatiale »... Ce *Grand Atlas* balaie tous les sujets classiques de l'astronomie, avec des textes qui ne le sont pas moins, mais de bonne qualité.

ATLAS DE L'ESPACE ★★★☆

Ce livre présente en cinq chapitres une « cartographie de l'Univers du big bang au futur », selon

son sous-titre. Hélas, son texte manque souvent de précision. On s'étonne ainsi que la poussière soit donnée comme l'ingrédient d'origine des étoiles créées dans les 100 premiers millions d'années de l'Univers, alors que précisément les éléments atomiques nécessaires à sa formation n'avaient pas encore été forgés pour l'essentiel. Et l'on ne goûte guère certaines formulations obscures. En quoi, par exemple, le gaz qui entoure le trou noir central de la Voie lactée occupe-t-il « les 15 années-lumière les plus lointaines de la Voie lactée » ?

COSMOS ★★★☆

Écrit par quatre auteurs britanniques rompus à l'exercice, cet ouvrage organisé en doubles pages explorant l'Univers du plus proche au plus lointain est facile à lire. Il n'est cependant pas exempt de coquilles. Par exemple, il faut lire 1760 au lieu de 1960 dans le texte consacré aux transits de Vénus (p. 59). Ou encore, dans le schéma qui décrit la méthode de détection des exoplanètes par vitesse radiale (p. 260), deux légendes inversées faussent l'explication.

QUALITÉ DE LA MISE EN PAGE

LE GRAND ATLAS DE L'ASTRONOMIE ★★☆☆

Avec un format si généreux (27 x 38 cm), pourquoi proposer des textes si petits ? Certes, les images imprimées en double page sont spectaculaires, mais les pages où figurent des textes, elles, sont un peu trop denses. On regrette aussi que les vues d'artiste ne soient pas présentées comme telles. Quant aux cartes des constellations, elles manquent de clarté !

ATLAS DE L'ESPACE ★★☆☆

Très classique, la mise en page de l'*Atlas de l'espace* n'attire pas spécialement l'œil, malgré une iconographie assez riche. On regrette là aussi que les vues d'artiste ne soient pas distinguées des photos. Les schémas ne sont pas toujours clairs...

COSMOS ★★★★★

Typographies soignées, mise en page aérée et iconographie variée : à l'œil, *Cosmos* se distingue nettement de ses concurrents, en proposant une maquette moderne et dynamique, qui invite à vraiment se plonger dans le livre.



ACTUALITÉ DES INFORMATIONS

LE GRAND ATLAS DE L'ASTRONOMIE ★★★★★

« Plus de 100 000 exemplaires vendus », proclame fièrement un macaron en couverture. De fait, c'est la 10^e édition du *Grand Atlas de l'astronomie*, qui est proposé en librairie depuis octobre 2025. Il est cependant à jour. Sophie Adenot, par exemple, n'est pas oubliée dans la liste des astronautes français.

ATLAS DE L'ESPACE ★★★★★

Paru en France en octobre 2025,

l'ouvrage est à jour jusqu'au début 2024. Sa chronologie des missions lunaires n'évoque pas le retour d'échantillons de Chang'e 6 en mai 2024 ni les alunissages américains de janvier et février 2025.

COSMOS ★★★★★

L'ouvrage est à jour, autant qu'il peut l'être s'agissant d'une traduction parue en France en octobre 2025. Il présente même une image réalisée par le satellite Euclid, rendue publique en novembre 2023.

RÉSULTAT

Avec 11 étoiles sur 12 au total, **COSMOS** remporte notre tiercé. Bien écrit, plus moderne que ses concurrents, à jour, c'est notre choix !

ESSAI

BAVARDAGE EN HAUT LIEU

LE PUBLIC

Tout public adulte.

EN RÉSUMÉ

L'un est un astronaute qui a séjourné dans l'espace à deux reprises. L'autre est un physicien et philosophe des sciences, féru d'alpinisme. Thomas Pesquet et Étienne Klein partagent les réflexions que ces prises de hauteur (littérales et figuratives) ont suscité chez eux, avec pour fil conducteur à la discussion le progrès scientifique et technologique.

NOTRE AVIS

Si vous cherchez un débat, il n'y en a pas ici. Thomas Pesquet et Étienne Klein sont d'accord sur tout. Cette absence de contradiction est un brin agaçante, lorsque tous deux regrettent, semblant presque s'en étonner, que la société actuelle ne croie plus autant en un avenir meilleur que jadis. Comment en vouloir à une génération qui, depuis vingt ans au bas mot, est sans cesse bombardée d'alertes sur la crise climatique ? S'il y a bien une chose que le progrès n'a pas — encore — su démontrer, c'est de pouvoir améliorer le confort de 8 milliards d'humains sans compromettre leur environnement global... Reste dans ces pages une volonté louable d'insuffler optimisme et nuances dans une époque qui en manque. Klein avec une référence bien sentie, Pesquet une anecdote méconnue en orbite. Tous deux plaident pour une Europe unie. Une posture digne et humaniste qu'on entendait beaucoup au siècle dernier, à remettre au goût du jour !

Guillaume Langin



ÉLOGES DU DÉPASSEMENT

Thomas Pesquet, Étienne Klein / Flammarion / 220 pages / 20,90 € /



LIRE, VOIR

GUIDE PRATIQUE

POUR NE PLUS MANQUER LES AURORES

LE PUBLIC

Les aurores boréales constituent un phénomène spectaculaire grand public observable à l'œil nu, et cet ouvrage s'adresse donc au plus grand nombre. Si vous regrettez d'avoir manqué les trois grandes aurores boréales de 2024 ou du début 2026, cette lecture est faite pour vous. Et si vous avez eu la chance de les voir, vous serez d'autant plus motivé à ne pas rater la prochaine occasion.

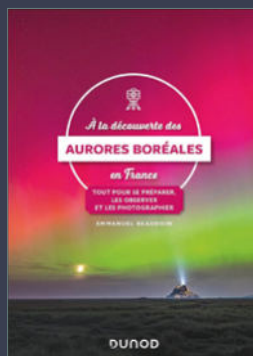
EN RÉSUMÉ

Ces dernières années, Emmanuel Beaudoin s'est concentré sur l'observation des aurores boréales depuis la France. Il est parvenu à en voir et à en photographier un grand nombre en misant sur la mobilité et les alertes. Il partage son expérience dans ce guide pratique qui permet de placer toutes les chances de son côté en comprenant mieux le phénomène. Il propose aussi des conseils photographiques et des idées de voyage pour ceux qui souhaitent contempler le spectacle depuis le cercle polaire.

NOTRE AVIS

Ce guide d'observation est bien conçu. On y trouve toutes les informations pratiques réellement utiles, comme les applications à installer pour être alerté des phénomènes. L'ensemble est servi par une mise en page très claire. C'est le livre qui manquait sur le sujet et, de plus, il est proposé à un prix abordable.

Jean-Luc Dauvergne



À LA DÉCOUVERTE DES AURORES BORÉALES EN FRANCE

Emmanuel Beaudoin / éditions Dunod / 160 p. / 16,90 € /



BANDE DESSINÉE

LE SURSAUT DU DRAGON

LE PUBLIC

Par sa forme et son ton, cette BD s'adresse plus particulièrement aux enfants, mais les adultes y trouveront aussi leur compte.

EN RÉSUMÉ

Le récit fictif retrace le périple de Tian, un jeune Chinois, accompagné de son guide Nati. Leur voyage les conduit de la France en Chine à la rencontre des participants au projet, bien réel, d'observatoire spatial SVOM. Ils partagent avec enthousiasme les enjeux techniques, scientifiques et humains liés à la mise au point de ce satellite franco-chinois. Un dragon inattendu et un étrange éclair viennent ponctuer l'aventure d'imaginaire et de rêveries. En complément, l'ouvrage se conclut par le carnet de route de Tian, rassemblant des notes scientifiques et culturelles collectées directement auprès des scientifiques.

NOTRE AVIS

Spécialisé dans l'étude des sursauts gamma, SVOM observe dans un domaine pointu de l'astronomie. La forme de bande dessinée est très bien adaptée pour vulgariser cette science à destination du plus grand nombre. En somme, une BD agréable à lire, d'autant qu'elle est servie par les dessins de la talentueuse Aurélie Bordenave. Une illustratrice passionnée de science, bien connue de la rédaction de *Ciel & espace*.

Jean-Luc Dauvergne



LE FLASH DE 3 H 33

Aurélie Bordenave et
Jérôme Piot / éditions
EDP Science /
64 pages / 16 € /

★★★★

ESSAI

AU CŒUR DES RÉVOLUTIONS COSMIQUES

LE PUBLIC

Mieux vaut être déjà rompu à la physique pour apprécier pleinement cet essai.

EN RÉSUMÉ

C'est l'histoire de cinq révolutions successives qui ont chamboulé notre compréhension du cosmos. La gravitation de Newton, les relativités restreinte et générale d'Einstein, l'expansion de l'Univers révélée par Hubble et l'existence de l'antimatière sont ici comptées par Ersilia Vaudo, une astrophysicienne de formation qui travaille depuis plus de trente ans à l'Agence spatiale européenne.

NOTRE AVIS

On a le sentiment que l'autrice se trouvait aux côtés des savants dont elle nous parle lorsqu'ils ont enfanté leurs théories révolutionnaires. Ersilia Vaudo raconte non seulement l'essence de leurs découvertes, mais également leur démarche, leurs obsessions, leur moment «Eureka». Elle prend soin de replacer ces changements de paradigme dans leur contexte historique et décrypte les anecdotes légendaires qui ont traversé le temps; on apprend ainsi que c'est Voltaire qui a immortalisé l'histoire de la pomme de Newton. Il se dégage aussi une réelle poésie de cet ouvrage écrit d'une belle plume imagée. Dommage que la vulgarisation ne soit pas plus poussée. Certains passages, en particulier sur les mathématiques de la relativité, sont inaccessibles aux profanes.

Émilie Martin



AUX FRONTIÈRES DU COSMOS

Ersilia Vaudo / éditions
Quanto / 160 p. / 20 € /

★★★★

ET AUSSI...



© Nasa

VULGARISATION

ASTÉROÏDES, LES NOUVEAUX TERRITOIRES

Boris Laurent / Delachaux et Niestlé / 130 p. / 17,90 €

Ce livre est un bon panorama illustré sur les astéroïdes et ceux qui comptent les explorer ou... les exploiter. Les techniques employées pour y parvenir sont abordées, ainsi que les considérations géopolitiques.

GL

BEAU-LIVRE

TRAQUEUR D'AUORES

Jean-Marc Perigaud / Omniscience / 220 p. / 32 €

Ce livre réalisé par un aventurier spécialiste des régions polaires présente un format hybride entre le beau livre photo et le guide pratique. Le contenu est intéressant. On regrette juste la mise en page un peu brouillonne.

JLD

VULGARISATION

100 000 MILLIARDS DE MILLIARDS D'ÉTOILES

Sylvia Ekström / éditions Favre / 190 p. / 19,50 €

Spécialiste de l'évolution des étoiles à l'Université de Genève, Sylvia Ekström fait entrer le lecteur dans l'intimité de celles qu'elle nomme «*nos mamans cosmiques*». En explosant en supernova, les étoiles ont en effet semé dans l'Univers des éléments lourds, graines des planètes et de la vie. Qu'est-ce qu'une étoile? Comment naissent-elles, comment meurent-elles? L'astrophysicienne répond avec clarté à une foule de questions passionnantes sur le sujet. Les photos sont superbes et très bien choisies.

EM

AU-DELÀ D'AVATAR

La sortie du troisième volet cinématographique d'*Avatar* est l'occasion de questionner le rôle des œuvres de science-fiction. Le professeur de philosophie Pierre Drappier, férù des sujets spatiaux et astronomiques, s'y emploie dans ce « Regard », un espace de réflexion que vous retrouverez régulièrement dans votre magazine.

Pierre Drappier, agrégé de philosophie

Si la science-fiction n'est pas un sous-genre littéraire réservé à une minorité de geeks incapables de prendre du plaisir à lire des ouvrages plus nobles, c'est parce qu'elle peut être considérée comme une des seules manières de formuler des hypothèses crédibles concernant l'avenir de nos sociétés. La bonne science-fiction, en effet, n'est jamais un pur produit de l'imagination créatrice, mais nous propose plutôt d'anticiper le futur en s'appuyant sur certaines tendances du présent et en tentant d'inférer, le plus logiquement possible, ce qui se passerait si ces tendances étaient accentuées ou renforcées à l'avenir. L'essentiel du travail d'un auteur de science-fiction n'est donc pas uniquement d'imaginer un récit dépaysant, mais de faire un bon diagnostic de son époque, qu'il lui suffira alors, pour construire son anticipation, d'amplifier ou d'exagérer à la manière d'un caricaturiste. Toutefois, comme les auteurs de science-fiction sont semblables à tous les autres êtres humains et que, par conséquent, ils sont eux aussi des êtres d'habitude, il leur arrive parfois d'avoir du retard sur leur propre présent et ses potentialités. Et ainsi d'imaginer l'avenir des humains du passé, c'est-à-dire l'idée de l'avenir à laquelle les grands auteurs de science-fiction qui les ont précédés les ont habitués. C'est malheureusement ce qui se passe dans *Avatar*.

Dans les films *Avatar*, une humanité futuriste technologiquement avancée, mais qui a épuisé les ressources de sa planète, parvient à franchir l'espace interstellaire pour atteindre le système du Centaure où se trouve une lune où la vie foisonne : Pandora. Dès lors, loin de chercher leur place dans ce paradis, les



Déplacer l'action d'une fiction sur une exoplanète suffit-il à imaginer correctement un futur lointain ? Ce n'est pas certain, si l'on examine les ressorts des trois films de la saga *Avatar*. © Lightstorm Entertainment

Terriens se livrent sans aucun scrupule aux mêmes excès que ceux qui les ont menés au bord de l'extinction sur Terre : surexploitation, destruction massive d'écosystèmes, génocide des populations locales, etc. Ce qui est ainsi amplifié et caricaturé par la science-fiction dans ces films, c'est l'avidité prédatrice d'une humanité rompue à des siècles de capitalisme sur Terre. Ce faisant, on suppose dans *Avatar* que l'être humain ne change jamais et que l'histoire n'a aucun impact sur sa façon d'être au monde. Ce dernier aurait essentiellement une soif inextinguible pour la domination et l'accumulation et, si cette soif peut être inassouvie pendant des siècles, elle attendra aussi longtemps qu'il le faudra la moindre occasion de se satisfaire à nouveau.

Un autre narratif consiste pourtant à penser qu'au contraire, la manière d'être au monde des êtres humains ne repose pas sur une nature immuable, mais évolue en fonction de leurs conditions matérielles d'existence. De ce point de vue, l'*hubris* (démensure, excès) de l'humanité du futur dont nous parle le réalisateur James Cameron cadre mal avec la longue expérience de la pauvreté matérielle qu'elle a subie. En effet, dans un environnement terrestre devenu exsangue, hostile et fluctuant, comment survivre sans faire preuve d'un grand degré de prudence, de tempérance et de modération ? Autrement dit, Cameron prétend peindre la mentalité de l'humain du futur qui a fait l'expérience de l'extrême pauvreté et de la destruction, mais peint en réalité la mentalité du bourgeois occidental du présent dans ce qu'il a de plus déclinant, c'est-à-dire celle d'un être humain qui vit encore dans un monde d'abondance où le gaspillage et l'indifférence écologique sont la norme.

À cette première invraisemblance s'en ajoute une seconde : pour pouvoir atteindre les étoiles, les êtres humains du film de Cameron ont forcément déjà une grande habitude de la vie dans l'espace. La distance entre les étoiles est incommensurablement plus grande que la distance entre les planètes de notre Système solaire. Il paraît donc impossible qu'une espèce capable d'atteindre Alpha du Centaure en quelques années ne soit pas déjà installée partout dans son propre système planétaire. Or, Cameron semble totalement négliger l'impact que pourrait avoir sur notre rapport à l'environnement, à nous-mêmes et aux autres, l'habitude de vivre dans l'espace ou dans des habitats extraterrestres.

Comment considérer comme négligeable pour la psyché, la morale et les sociétés humaines, plus d'une centaine d'années de vie dans un environnement naturellement sans oxygène, sans eau, avec une pesanteur réduite, proche du zéro absolu en termes de température et bombardé en permanence de rayons solaires ionisants ? Comment ignorer aussi l'impact des technologies utilisées pour survivre dans un cadre aussi hostile : la vie sous un dôme ou dans une station spatiale, les sorties en combinaison, la respiration par des moyens artificiels, la peur constante d'une défaillance, le sentiment d'humilité face à une nature qui pourrait nous écraser à tout moment ? S'il est impossible de prédire avec certitude ce que sera l'être humain du futur, on peut pronostiquer, avec un grand degré de probabilité, qu'il n'aura pas la morgue sans limite du capitaliste prédateur que lui prête James Cameron. ☹

L'humanité
d'*Avatar* peut
voyager vers
les étoiles,
mais a oublié
de coloniser le
Système solaire...





Après-midi Pichouns à l'observatoire de Marseille
le 29 avril 2026. DR

DE LA CANEBIÈRE À JUPITER



Que vous inspire le cosmos ? Pour les musiciens du Pulsar Quartet, du swing, du groove et quelques syncopes ! Le 2 mai 2026, ce groupe de jazz présentera au village provençal d'Allauch une conférence « scientifico-

musicale », se servant des transcriptions sonores d'observations astronomiques comme source d'inspiration. Cette soirée compte parmi les nombreuses activités du 4^e Festival d'astronomie de Provence, organisé par le Laboratoire d'astrophysique de Marseille. « Cette manifestation tisse un lien entre l'observatoire historique de Marseille et les installations modernes de la recherche scientifique. Mais aussi entre l'astronomie professionnelle et amateur », décrit Laurent Lamy, organisateur. En sus des visites de laboratoires et conférences prévues dans toute la région, une grande soirée d'observation se tiendra à Pichauris. Les bénévoles des associations alentour y déploieront une foule de télescopes pour transporter le public dans les profondeurs du ciel. Planifiez vos activités en vous inscrivant dès maintenant, dans la limite des places disponibles.

FESTIVAL D'ASTRONOMIE DE PROVENCE

Du 25 avril au 2 mai 2026,
à Marseille (13) et alentour

<https://festival-astronomie-provence.lam.fr>

AGENDA



LES RENCONTRES DE COURRIÈRES

**Courrières (62) –
4 et 5 avril 2026**

Découvrez les activités en astronomie du nord de la France et de Belgique. Conférences de l'astrophysicien Roland Lehoucq et de l'astronome Yann Sainty.
www.astrogaac.fr

NUITS ASTRONOMIQUES DE TOURAINE

Tauxigny-Saint-Bauld (37) – du 14 au 17 mai 2026

Camping et rencontres entre astronomes amateurs, venus avec leur télescope partager de bons conseils, auprès de l'observatoire de Tauxigny.

www.astrotouraine.fr

L'OBSERVATOIRE DE L'EAUBONNE A 20 ANS

**Birac-sur-Trec (47) –
24 et 25 avril 2026**

Pour sa 20^e bougie, l'Observatoire astronomique de l'Eaubonne organise une grande fête en présence du médiateur scientifique Benoît Reeves. Observations (dès le vendredi soir), conférence, dîner, concert. Tarifs et renseignements : eaubonneastronomie@gmail.com ; 06 87 70 64 49

FORMATION PYRÉNÉENNE

Arreau (65) – du 8 au 10 mai 2026

Le Week-end astrophysique des Pyrénées (WAPP) est une formation de trois jours à la spectroscopie, la photométrie et la programmation Python, en présence de professionnels. Inscription et adhésion : www.mpg2a.fr



RENCONTRES ASTRO**Grapfontaine (Belgique) – du 14 au 16 mai 2026**

Rencontres astronomiques du Centre Ardenne organisées pour la 12^e édition à l'Observatoire Centre Ardenne. Conférences, ateliers, observations et camping.

www.observatoirecentreardenne.be

**NUIT DE L'ÉQUINOXE****Lyon (69) – 11 avril 2026**

Une journée d'expositions, d'ateliers, d'observations du ciel jusqu'à la nuit tombée. Organisée à l'amphithéâtre romain de Fourvière par le Club d'astronomie de Lyon Ampère (CALA).

Entrée libre

www.cala.asso.fr/nuit-de-l-equinoxe

RENCONTRES ASTRONOMIQUES DU PRINTEMPS**Craponne-sur-Arzon (43) – du 14 au 17 mai 2026**

À l'Ascension, les amoureux de l'observation du ciel et leurs instruments se retrouvent pour veiller ensemble sous la voûte étoilée. Conférences et stages d'initiation au programme.

Sur adhésion : www.astrorap.fr

**SHOOTING STARS AND THE MOON****Guillonville (28) – du 22 au 25 mai 2026**

Première édition de ce rassemblement d'astronomes amateurs en région Centre Beauce. Conférences, observations, ateliers. Avec la Lune au rendez-vous, pour les passionnés de cratères.

www.astronautares.fr

WEEK-END DE L'ESPACE**Espalion (12) – 4 avril 2026**

Troisième édition de cette journée tout public organisée par l'association Andromède 4A et le musée du Scaphandre, au Fablab l'Imaginarium. Animations, conférence et grand jeu concours.

<https://andromede4a.fr>

**L'ASTRO AU CHÂTEAU**

Pour la 4^e année consécutive, les bénévoles du club Némésis organisent les Journées de l'astronomie de Saverne. Ce rendez-vous tout public se tient au château des Rohan. Il propose conférences, expositions et observations du Soleil et du ciel nocturne au télescope. L'entrée est libre et gratuite, dans l'esprit de rendre la culture scientifique accessible à tous les âges. Une tombola permettra aux plus chanceux d'emporter un petit souvenir des étoiles !

JOURNÉES DE L'ASTRONOMIE DE SAVERNE

Les 25 et 26 avril 2026, à Saverne (67)

www.astronomie-nemesis.org

EUROASTRO REÇU 10 SUR 10

Héritage de l'astronome vulgarisateur Pierre Bourge, le festival Euroastro s'organise pour la 10^e fois en 2026, sous la houlette du club Alpha Lyrae. Cette rencontre entre astronomes amateurs est ouverte aux curieux du ciel. L'occasion de profiter d'ateliers pratiques autour du Soleil, de séances en planétarium itinérant et de conférences, au beau milieu d'une multitude d'instruments d'astronomie. Cette année, l'éclipse de Soleil du 12 août sera au centre des discussions.

EUROASTRO 2026

Du 22 au 25 mai 2026, Champtoceaux (49)

Inscription 20 €, gratuit pour les enfants

<https://alpha-lyrae.fr>



QIAN, NOTRE GÉOLOGUE, A REJOINT NOTRE BALADE VIRTUELLE MARTIENNE!

AH! ET VOICI CE BRAVE PERSEVERANCE! CE ROVER DE LA NASA A RÉCOLTÉ QUELQUE 40 ÉCHANTILLONS MINÉRAUX DEPUIS 2021.

UNE SORTE DE BENNE DE ROULETTES HIGH TECH, QUOI!

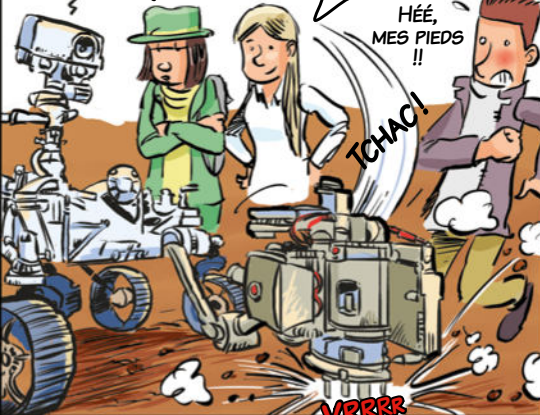
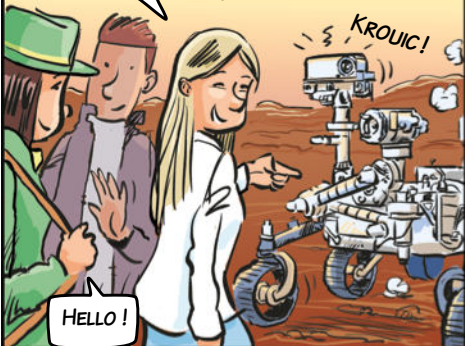
BENNE DE LUXE : 2,5 MILLIARDS DE DOLLARS! PERSEVERANCE PRÉLÈVE DE POTENTIELS BIOMARQUEURS.

A SURTOUT L'AIR D'UN ROVER PSYCHOPATHE!

MEUH NON! REGARDE, IL FAIT DE JOLIES PHOTOS!

À CE PRIX IL PEUT.

EUH, DITES... POURSUIVONS VERS L'ANCIEN LIT DE LA NERETVA VALLIS RIVER.

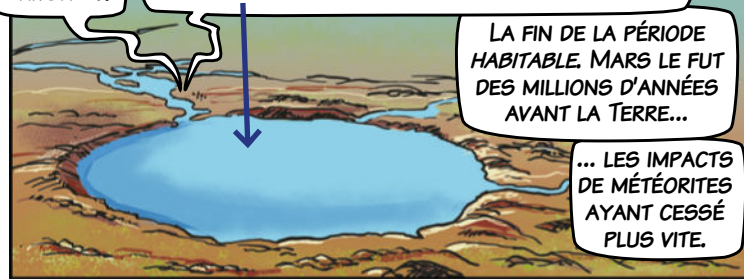


TU AS DIT « RIVER » !?

OUI! LA NERETVA SE JETAIT DANS LE LAC-CRATÈRE DE JEZERO VOILÀ QUELQUE 3,7 MILLIARDS D'ANNÉES.

LA FIN DE LA PÉRIODE HABITABLE. MARS LE FUT DES MILLIONS D'ANNÉES AVANT LA TERRE...

... LES IMPACTS DE MÉTÉORITES AYANT CESSÉ PLUS VITE.



... CES TACHES DE LÉOPARD!

DE LÉOP... ?! ON NE S'EMBALE PAS, JE SENS QUE ÇA VA ENCORE FINIR SUR DES MICROBES!

CES FORMES BLANCHES ENTOURÉES D'UNE BAGUE FONCÉE, COMME DES « TACHES DE LÉOPARD » OU CES PERLES SOMBRES ET VERDÂTRES, DE LA VIVIANITE. SUR TERRE, LA SYNTHÈSE DE CES ÉLÉMENTS EST PRESQUE TOUJOURS ASSOCIÉE À UNE ACTIVITÉ BACTÉRIENNE.

ET VOILÀ... DES MICROBES!

AUJOURD'HUI, LA CALME GÉOLOGIE MARTIENNE EST COMME UNE ARCHIVISTE : ELLE EMPILE DES TRACES EXTRÊMEMENT ANCIENNES. DÉCRYPTER CES PASSÉS SUPERPOSÉS N'EST PAS CHOSE AISÉE!

ICI, AU LIEU-DIT « BRIGHT ANGEL », PERSEVERANCE A TROUVÉ DES INDICES TROUBLANTS...



PRESQUE TOUJOURS ?

EN L'ABSENCE DE VIE, L'AUTRE MOYEN CONNU DE SYNTHÉTISER CES ÉLÉMENTS CONSISTE À CHAUFFER LES ROCHES VERS LES 150°C!

SAUF QU'ICI... LES ROCHES SEMBLENT ÊTRE RESTÉES FROIDES!

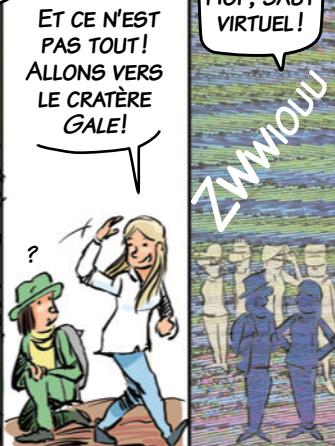
ÉTRANGE...

ET CE N'EST PAS TOUT! ALLONS VERS LE CRATÈRE GALE!

C'EST À 3000 KM DE LÀ! HOP, SAUT VIRTUEL!

RHÂA, ON N'A PAS BOUGÉ. ENCORE LUI!

NAN! ÇA, C'EST CURIOSITY, ARRIVÉ EN 2012. L'AUTRE ROVER ENCORE ACTIF SUR MARS*. LUI, C'EST PLUTÔT UN MINI-LABO.



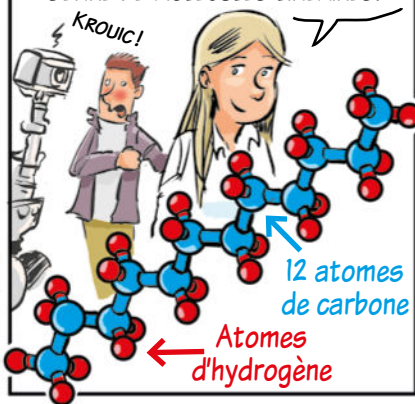
*Curiosity est aussi un rover de la Nasa. Le rover chinois Zhurong est quant à lui inactif depuis 2022.

SUR L'UN DES ÉCHANTILLONS QU'IL A FORÉS, CURIOSITY A IDENTIFIÉ DE GRANDES MOLÉCULES À BASE DE **CARBONE** ET D'**HYDROGÈNE** : LES BRIQUES DE LA VIE!

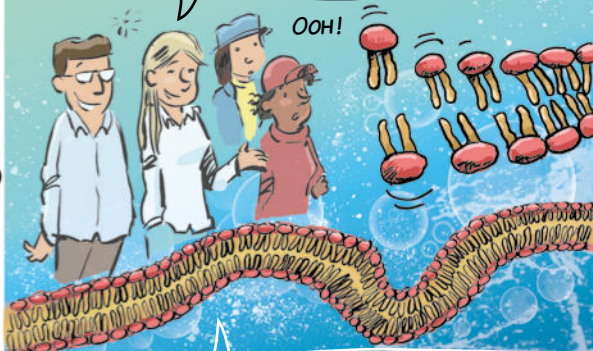


EN L'OCCURRENCE AVEC 12 ATOMES DE CARBONE, LES PLUS LONGUES MOLÉCULES TROUVÉES SUR MARS.

LA PREUVE QU'UNE CHIMIE COMPLEXE S'EST PRODUITE! MIEUX : CES MOLÉCULES DE 3,7 MILLIARDS D'ANNÉES SONT LINÉAIRES, PLUS FRAGILES QUE LES MOLÉCULES DITES EN ANNEAUX. OR, LA VIE FAVORISE CE GENRE DE MOLÉCULES LINÉAIRES.



CES MOLÉCULES ORGANIQUES C12 POURRAIENT ÊTRE LE SOUS-PRODUIT DE LIPIDES FORMANT LES MEMBRANES DE CELLULES VIVANTES! DANS L'EAU, DÈS QUE CES LIPIDES POSSÈDENT HUIT CARBONES, ILS S'AUTO-ASSEMBLENT.



DES MOLÉCULES SUSCEPTIBLES DE S'ASSEMBLER EN MEMBRANE, PRÉSENTES DANS UN MILIEU AQUEUX IL Y A 3,7 MILLIARDS D'ANNÉES QUAND MARS ÉTAIT HABITABLE!

HEM... « ORGANIQUE » NE SIGNIFIE PAS « BIOLOGIQUE ». CES MOLÉCULES C12 PEUVENT AUSSI ÊTRE LE PRODUIT DE LA DÉCOMPOSITION D'ÉLÉMENTS MÉTÉORITIQUES...

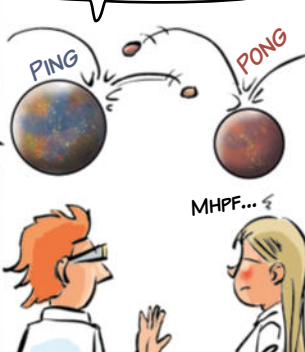


NAVRÉ DE JOUER LES RABAT-JOIE.

HILBERT ?!

TU TOMBES EFFECTIVEMENT COMME UN VILAIN BOULET DANS NOTRE BELLE SOUPE BIOTIQUE!

ENVISAGEONS MÊME UNE BIOCONTAMINATION VIA DES MÉTÉORITES PROVENANT DE LA TERRE...



... OU L'INVERSE! DE MARS VERS LA TERRE!

UNE VIE NÉE SUR MARS, PLUS PRIMORDIALE MÊME QUE CELLE SUR TERRE? NOUS SAVONS AUJOURD'HUI QUE CERTAINES VALLÉES, PARCOURUES DE SUPPOSÉS FLEUVES PÉRENNES JADIS, NE SONT QUE DES CICATRICES ISSUES DE BREFS ÉPISODES ACCIDENTELS.



TELE FLIVA VALLIS SORTANT DE JEZERO!

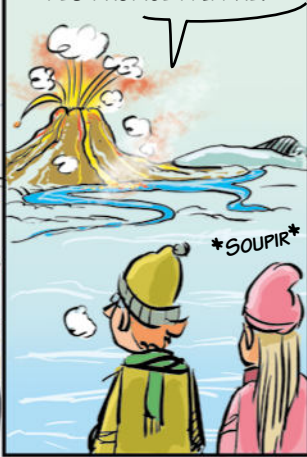
OR, IL EST NÉCESSAIRE QUE LES RIVIÈRES MARTIENNES AIENT COULÉ SUFFISAMMENT LONGTEMPS POUR ENVISAGER L'ÉMERGENCE DE LA VIE.

PIRE : D'AUCUNS PENSENT MÊME QUE LA SURFACE DE MARS A SURTOUT ÉTÉ MODELÉE PAR... LA GLACE! LES VALLÉES RAMIFIÉES VISIBLES AUJOURD'HUI?



... DES RESTES D'ÉPHÉMÈRES RIVIÈRES SOUS-GLACIAIRES.

SELON EUX, L'EAU LIQUIDE EN SURFACE N'AURAIT ÉTÉ QU'UN PHÉNOMÈNE LOCAL ET ÉPISODIQUE. BREF : PEU PROPICE À LA VIE.



DÉSOLÉ!

WAOUH, LE COUP DE FROID! FINALEMENT, VIVE LES MICROBES!

MAIS ALORS... COMMENT SAVOIR CE QUI S'EST VRAIMENT PASSÉ?



EN RAPPORTANT SUR TERRE LES ÉCHANTILLONS DES ROVERS AFIN DE LES ANALYSER EN DÉTAIL.

MAIS...

KROUIC KRRROUIC !!

KROUIC KROUIC TOI-MÊME!

MAIS QUOI ?!



À suivre...

Sébastien Charnoz



Spécialiste de la formation planétaire à
l'Institut de physique du globe de Paris

« UN JEU DE BILLARD TRÈS COMPLEXE AUTOUR DE SATURNE »

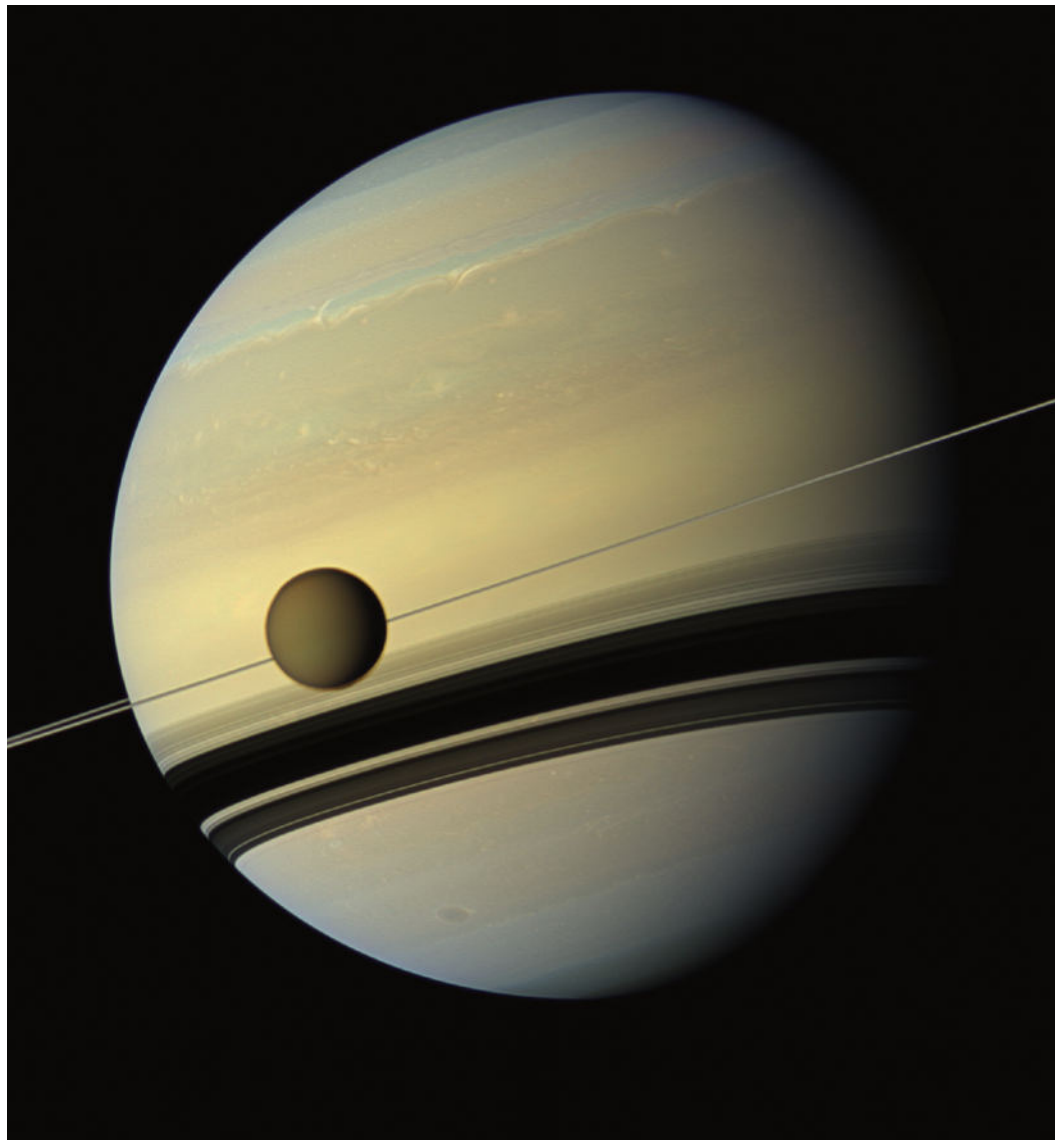
L'origine des anneaux de Saturne bénéficie d'une nouvelle hypothèse : cette structure bien connue de la planète géante résulterait d'une collision sur Titan. Le planétologue Sébastien Charnoz analyse ce scénario proposé par une étude américaine.

Propos recueillis par Pierre Giraudeau

Quand Saturne a-t-elle revêtu ses emblématiques anneaux ? Depuis des décennies, les scientifiques hésitent entre une naissance il y a 4,5 milliards d'années et une apparition bien plus récente, il y a une centaine de millions d'années. Dans un article qui doit paraître dans le *Planetary Science Journal*, le chercheur américain Matija Cuk, partisan d'anneaux jeunes, apporte une nouvelle pierre au débat. Une collision entre la plus grosse lune de Saturne, Titan, et un satellite disparu aurait pu aboutir à la formation des anneaux. Sébastien Charnoz nous aide à y voir plus clair.

D'après cette étude, comment Titan pourrait-il être à l'origine des anneaux ?

Sébastien Charnoz : Elle s'appuie sur une idée du planétologue Jack Wisdom. Il a postulé en 2022 l'existence d'un ancien satellite disparu, dont



Titan devant Saturne et ses anneaux, vu par la sonde Cassini.

© Nasa/JPL-Caltech/Space Science Institute

l'interaction avec Titan expliquerait certaines caractéristiques de la relation gravitationnelle entre Saturne et sa voisine Neptune. Matija Cuk reprend cette idée dans ses simulations. Il trouve une solution dans laquelle ce satellite s'écrase sur Titan il y a 500 millions d'années, et les débris éjectés se rassemblent pour constituer le satellite Hypérion. Titan est dévié de sa trajectoire lors du choc et son influence gravitationnelle perturbe l'orbite des satellites internes. Cette perturbation entraîne à son tour, il y a une centaine de millions d'années, des collisions dont les débris auraient pu composer les anneaux. Ce jeu de billard très complexe autour de Saturne parvient à expliquer l'inclinaison de Saturne, les orbites actuelles de Titan et d'un autre satellite, Japet, la formation d'Hypérion et celle des anneaux. Et tout ça pour le même prix.

Trouvez-vous cette explication convaincante ?

L'étude réalisée sur la dynamique des satellites est de bonne facture et très intéressante. Ce qu'il faut en tirer, c'est la manière dont l'orbite de Titan peut déstabiliser le système de Saturne et avoir un effet restructurant majeur sur les satellites. Ceci dit, je ne pense pas que ça réponde à la question des anneaux. Matija Cuk détaille un mécanisme par lequel un satellite est détruit, mais la phase de formation des anneaux n'est pas étudiée en tant que telle. Contrairement à ce qu'affirment ces travaux, l'idée selon laquelle une collision entre satellites peut donner les anneaux n'est pas si évidente. Les débris vont rapidement reformer un satellite s'ils sont assez loin de la région des anneaux, où

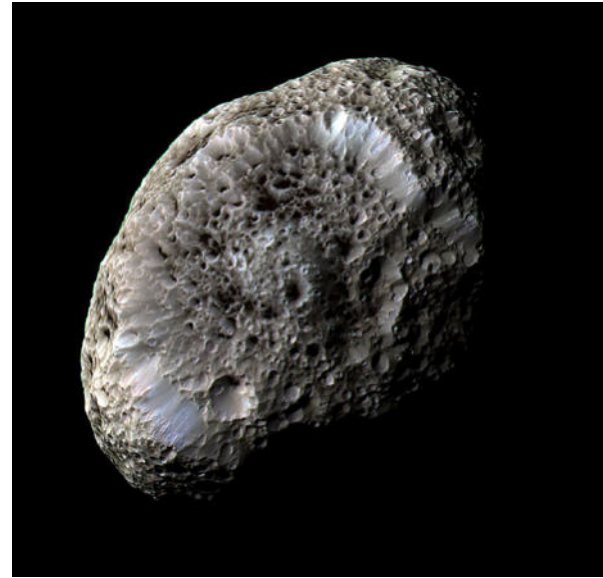
les forces de marées empêchent l'a présence de gros objets. Il y a beaucoup de modèles concurrents et on n'a pas d'observation clé qui nous permet de choisir ce scénario plutôt qu'un autre.

Ça ne permet donc pas de trancher sur l'âge des anneaux ?

Matija Cuk part du principe que les anneaux sont récents. Or, la question reste ouverte en réalité. L'idée selon laquelle les anneaux sont peut-être jeunes est liée à leur composition. Ils sont faits à plus de 99 % de morceaux de glace d'eau. Mais le bombardement météoritique présent dans tout le Système solaire aurait dû les noircir très vite. Un tel niveau de pureté voudrait donc dire que les anneaux n'existent pas depuis longtemps. C'est un argument que j'apprécie beaucoup, très dur à contourner, même s'il est possible d'imaginer des mécanismes d'autonettoyage. D'un autre côté, nous avons montré en 2010 avec des collègues que la masse actuelle des anneaux correspond très précisément à celle qu'ils auraient s'ils étaient anciens, quelle que soit leur masse initiale. On arrive à des conclusions totalement opposées.

Qu'implique l'âge des anneaux sur leur formation ?

La difficulté, c'est d'apporter beaucoup de masse dans les anneaux de Saturne sous forme de glace d'eau pure. Dans tous les scénarios, on invoque un objet perdu. Dans le cas d'anneaux anciens, on peut imaginer, par exemple, un gros objet qui serait passé au voisinage de Saturne et dont la croûte de glace aurait été arrachée par les forces de marées. C'est un scénario improbable



L'étrange et lointain satellite Hypérion pourrait être expliqué par le modèle d'un jeune chercheur américain. © Nasa/JPL-Caltech

avec des anneaux plus jeunes, car le Système solaire s'est stabilisé avec le temps et il n'y a plus de gros objets qui le traversent. Il faut donc invoquer une instabilité dans le mouvement des satellites et des dynamiques très complexes pour aboutir à des collisions.

Avez-vous une préférence pour un scénario ?

Il y a encore cinq ou six ans, je ne croyais pas aux anneaux jeunes. Aujourd'hui, je suis moins ferme sur mes positions. Il y a des arguments solides dans les deux sens et je pense que la balle est au centre. Sur la base des éléments que tout le monde possède, j'estime que l'on ne peut pas trancher. Ce qu'il nous faudrait, ce serait rapporter sur Terre des échantillons d'anneaux. On pourrait connaître leur âge et leurs conditions de formation et on pourrait vraiment conclure. ☺

Il est très difficile d'expliquer la pureté des anneaux si ces derniers sont anciens

BÉTELGEUSE N'EST PAS SEULE, ET ÇA LA PERTURBE !

La célèbre supergéante rouge d'Orion subit l'influence gravitationnelle d'une petite compagne : l'étoile Siwarha. Celle-ci « laboure » son atmosphère et accélère sa rotation.

Brice Haziza

Bételgeuse, la belle étoile rouge de la constellation d'Orion, vient peut-être de perdre certains de ses mystères. Notamment, sa vitesse de rotation mille fois trop élevée pour une supergéante solitaire, ainsi que son étrange cycle qui

rythme ses pulsations lumineuses sur un peu moins de 5 ans et demi (2100 j). En ce début d'année 2026, Andrea Dupree (Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics) et ses collègues fournissent une explication pour ces deux

phénomènes. L'équipe a pu détecter une structure physique inédite : un sillage de gaz ionisé qui s'étend dans la chromosphère de l'étoile géante. La découverte a été réalisée grâce au télescope spatial Hubble et à d'autres instruments au sol.



Cette vue d'artiste montre ce qui a été décelé grâce aux observations du télescope spatial Hubble : le sillage créé dans l'atmosphère extérieure de Bételgeuse par une étoile gravitant autour. © NASA, ESA, E. Wheatley (STScI), Science: A. Dupree (CfA)

Il s'agirait de la signature dynamique de Siwarha, une petite et très jeune étoile d'environ une masse solaire, qui « laboure » littéralement l'atmosphère profonde de Bételgeuse au rythme d'une révolution de quelque six ans. L'équipe a mis en évidence trois éléments chimiques, le fer, le silicium et le magnésium, dont la variabilité suit parfaitement le cycle de 2100 jours de Bételgeuse. Cette découverte est capitale : elle prouve que la variation de luminosité à long terme de Bételgeuse n'est pas une pulsation interne, mais l'effet d'une autre étoile. Cette compagne agit comme un agitateur gravitationnel, modulant la poussière et le gaz sur son passage, à environ 43 km/s. Sa présence résout l'énigme de la rotation de Bételgeuse, qui tourne mille fois trop vite pour une supergéante : Siwarha lui transfère en permanence du moment cinétique.

Cette confirmation vient valider les espoirs nés un an plus tôt. En 2025, Steve Howell (Nasa) avait débusqué la petite compagne. Une trouvaille réalisée au télescope Gemini Nord de 8,1 m de diamètre en utilisant l'imagerie par tavelures (*speckle imaging*) — deux séries de 6000 clichés de 60 ms chacun. Mais cette détection restait à la limite du bruit de fond dans l'éclat d'une étoile 100 000 fois plus lumineuse que le Soleil. « L'enthousiasme vient de la position du signal à la date prévue, mais ce n'est pas si simple », tempère Miguel Montargès, de l'observatoire de Paris. « À l'hiver 2026, on ne devrait plus rien détecter. C'est une époque témoin. En 2027, la compagne devrait à nouveau être à l'élongation maximale, de l'autre côté. Pour moi, c'est cette seconde détection qui confirmera qu'on l'a bien identifiée », estime le spécialiste.

Bien que Siwarha explique le cycle long et la vitesse de rotation de Bételgeuse,



Voici peut-être la première photographie du compagnon stellaire (en bleu) qui tourne autour de Bételgeuse (en orange). Cette image a été obtenue par plusieurs observations du télescope Gemini North (8,1 m), et accentuée artificiellement. © Gemini Obs./NOIRLab/NSF/AURA

elle semble innocentée dans l'affaire du « Grand Obscurcissement » de 2019-2020 qui avait secoué le monde de l'astronomie. C'est l'un des points notables des travaux d'Andrea Dupree : Siwarha était éclipsée par Bételgeuse au moment où l'éclat de cette dernière s'effondrait. « Nous ne pensons pas que Siwarha ait été impliquée, précise la chercheuse. Nous pensons plutôt qu'une vaste cellule convective s'est déplacée à la surface de Bételgeuse à peu près au moment de l'écoulement normal lié à la pulsation de 400 jours... et que cet écoulement a duré plus longtemps, provoquant une éjection de masse à la surface. »

Les comportements de notre diva du ciel hivernal trouvent donc des explications satisfaisantes, tout en conservant une belle part de mystère. Bételgeuse ne serait donc pas seulement une étoile en fin de vie, mais un laboratoire de physique binaire, niché dans notre voisinage galactique. ☺

Cette petite étoile résout l'énigme de la rotation de Bételgeuse, qui tourne mille fois trop vite

RETROUVEZ CIEL & ESPACE

sur sa chaîne
YouTube



www.youtube.com/c/CielEspaceFr



DES CHIFFRES ET DES ASTRES

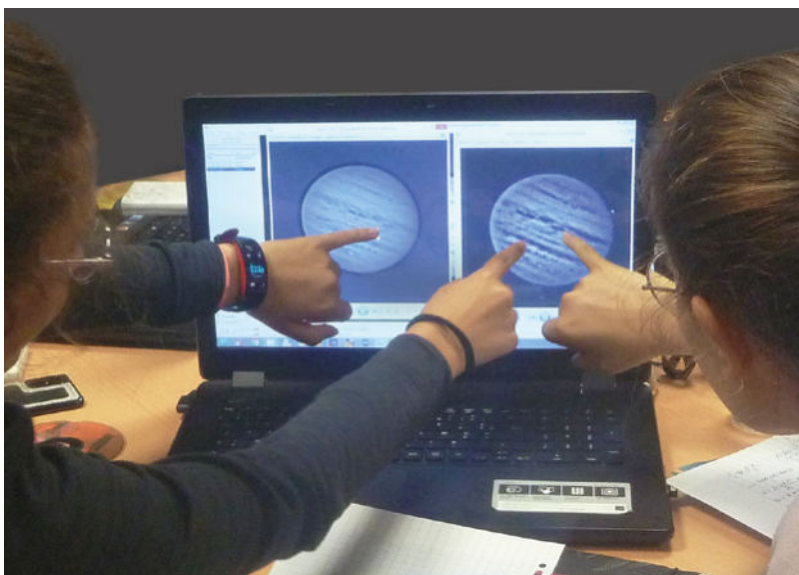
Le camp « Astromaths » accueille chaque été un groupe de lycéens et de lycéennes, bons élèves issus de familles aux revenus modestes. Au programme : dix jours d'activités rythmées par les étoiles et les équations qui les animent.

Guillaume Langin

Les vacances d'été sont l'occasion de flâner sur les plages ? De randonner en montagne ? Ces jeunes-là font plutôt le choix de l'astronomie, avec une bonne dose de maths. Chaque année entre la Haute-Loire et l'Ardèche, le camp « Astromaths » ouvre ses portes à douze filles et douze garçons s'apprêtant à entrer en terminale. « *Des gamins qui n'ont pas forcément un papa ingénieur ou une maman prof* », explique Daniel Verilhac, chargé des activités astronomiques. S'ils ont la tête bien faite, les participants sont aussi sélectionnés sur critères sociaux. « *On veut leur faire prendre confiance dans le fait qu'ils peuvent se destiner à de belles études supérieures* », poursuit l'encadrant. Entièrement gratuit grâce au soutien de nombreux organismes d'Auvergne-Rhône-Alpes, un riche panel d'activités compose cette dizaine de jours à la campagne. Le matin à Chambon-sur-Lignon, deux cours de maths. Le premier, généraliste, revoit des notions de lycée. Le second

est appliqué à l'astronomie. La nuit, à Mars (la commune, pas la planète), « *l'observatoire Hubert Reeves met à disposition son télescope* », indique Daniel Verilhac. Les optiques sont alors braquées vers le ciel pour résoudre des énigmes scientifiques pointues, mais ludiques : trouver la galaxie intruse dans le Quintette de Stephan, prouver que l'amas d'étoiles M15 cache une nébuleuse planétaire, savoir de quoi Saturne et ses anneaux sont faits... Apprendre à monter un télescope est aussi au menu. Lancé en 2018 sous l'impulsion de Bertrand Rémy, professeur à l'ENS de Lyon, Astromaths fait aujourd'hui le plein de participants. Pour rejoindre l'édition 2026 qui se tiendra du 10 au 22 juillet, les graines d'astronomes devront candidater avant la mi-mai. Rendez-vous pour cela sur le site de la Fondation Blaise Pascal. 🌌

Site : www.fondation-blaise-pascal.org/nos-actions/les-projets-de-la-fondation/le-camp-astromaths



Entre la première et la terminale, 24 jeunes participent chaque été au camp de vacances « Astromaths ». Inscriptions ouvertes jusqu'à la mi-mai. © Astromaths



**Vous abonner c'est recevoir toutes les parutions
chez vous à un tarif préférentiel**



**C'est aussi nous donner les moyens
de réaliser des reportages,
des enquêtes, des tests de matériel,
des podcasts, des vidéos...
pour vous offrir
une information rigoureuse
et des contenus originaux.**



**Vous abonner,
c'est nous soutenir**

Voir page 27 ou sur www.cieletespace.fr/abonnement

Ciel&espace

LE JWST RÉALISE LA CARTE LA PLUS PRÉCISE DE LA MATIÈRE NOIRE

Le télescope spatial James Webb a été pointé pendant 255 heures sur une petite portion du ciel. À la clé : une vision affinée de la matière noire.

David Fossé

Le James Webb a fait deux fois mieux que Hubble. En observant précisément la forme de 250 000 galaxies observées dans un petit champ de la constellation du Sextant, grand comme 2,5 fois la Pleine Lune, le télescope spatial infrarouge a permis à l'astrophysicienne Diana Scognamiglio (JPL) et une quarantaine de collègues de réaliser la carte la plus précise à ce jour de la répartition de la matière noire, avec seulement une minute d'arc de résolution angulaire. En 2007, Hubble avait déjà réalisé une telle carte de la zone, région observée depuis par de multiples télescopes dans le cadre du Cosmos Evolution Survey. Elle était un petit peu plus étendue, mais sa finesse était deux fois moindre.

C'est la sensibilité et la résolution record du JWST qui lui ont permis de faire mieux que son prédécesseur. Pour révéler la matière noire, cette énigmatique forme de matière invisible, cinq fois plus abondante que la matière ordinaire, mais qui ne se trahit que par ses effets gravitationnels, les astrophysiciens s'appuient en effet sur les « lentilles gravitationnelles faibles » : ils observent comment les rayons lumineux issus de galaxies lointaines sont déviés par la

matière invisible située entre elles et nous, déformant subtilement leur image. Bien sûr, avec cette méthode, plus le nombre de galaxies observées par unité de surface est grand, et plus la carte de la matière noire est précise. C'est là où la sensibilité d'un télescope, qui révèle

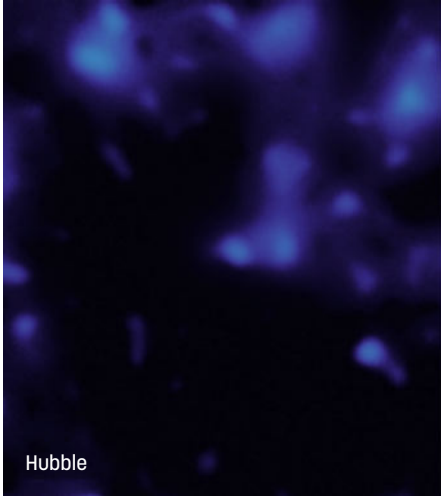
plus d'objets, est importante. Il faut aussi que leur déformation d'à peine quelques pour cent soit vue. D'où l'importance de la résolution du JWST : 0,02 seconde d'arc par pixel dans l'infrarouge proche.

Comme attendu, les 255 heures d'observation consacrées par le James Webb à

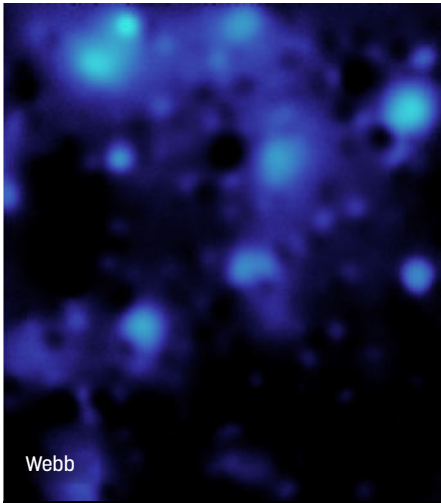


Parmi les 800 000 galaxies présentes sur cette image, 250 000 ont servi à mesurer la répartition de la matière noire (en bleu).

© Nasa/STScI/J. DePasquale/A. Pagan



Hubble



Webb

La cartographie de la matière noire par le JWST est deux fois plus précise que celle de Hubble en 2007. © Nasa/STScI/A. Pagan

ce petit bout du ciel entre janvier 2023 et janvier 2024 confirment que la matière ordinaire (galaxies et amas) se concentre là où se trouvent les concentrations de matière noire. Grâce à leur finesse, elles révèlent qu'il en est de même lorsqu'il s'agit de minces filaments. ☺

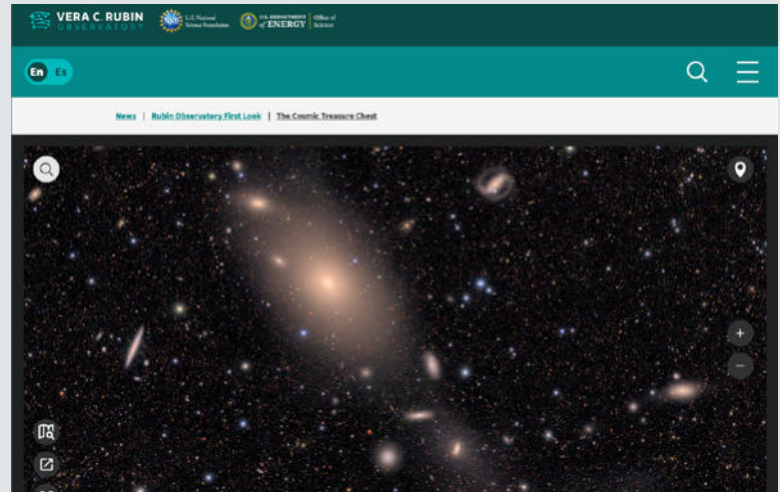
La matière noire est 5 fois plus abondante que la matière ordinaire

SUR LA TOILE

EN BALADE AVEC VERA RUBIN

Envie d'une promenade parmi les galaxies du ciel profond ? Le tout jeune observatoire Vera Rubin, au Chili, a photographié en détail une portion de la constellation de la Vierge et l'image est disponible sur son site internet. On peut s'y déplacer librement pour découvrir de très belles galaxies spirales, ou suivre l'une des visites guidées (en anglais uniquement, mais la navigation est intuitive). Large comme le poing tenu à bout de bras, la zone visible est limitée. Mais l'observatoire Vera Rubin a pour mission de cartographier l'ensemble du ciel et l'exhaustivité de l'outil devrait suivre.

<https://rubinobservatory.org/news/rubin-first-look/cosmic-treasure-chest>



CARNET GRIS

YANNICK MELLIER



L'astrophysicien Yannick Mellier s'est éteint le 19 décembre 2025 à l'âge de 67 ans. Ce spécialiste des lentilles gravitationnelles avait montré avec son équipe en 2000 comment elles pouvaient être utilisées pour cartographier les grandes structures de l'Univers et contraindre le modèle cosmologique. Ces travaux ont conduit à la mission Euclid, dont il était

le père spirituel. Pour la mener à bien, il avait organisé un vaste consortium de plus de mille chercheurs et supervisé la construction de ses instruments scientifiques. Euclid a été lancée par l'Agence spatiale européenne en juillet 2023. Nul doute que toutes les pensées iront vers Yannick Mellier au moment de la publication de ses premiers résultats.



SOPHIE ADENOT

L'astronaute française de l'Agence spatiale européenne a été la première de sa promotion à aller dans l'espace, le 13 février. Elle séjournera dans l'ISS jusqu'en octobre 2026 et pourrait effectuer une sortie spatiale en scaphandre.



À L'APOGÉE

AU PÉRIGÉE



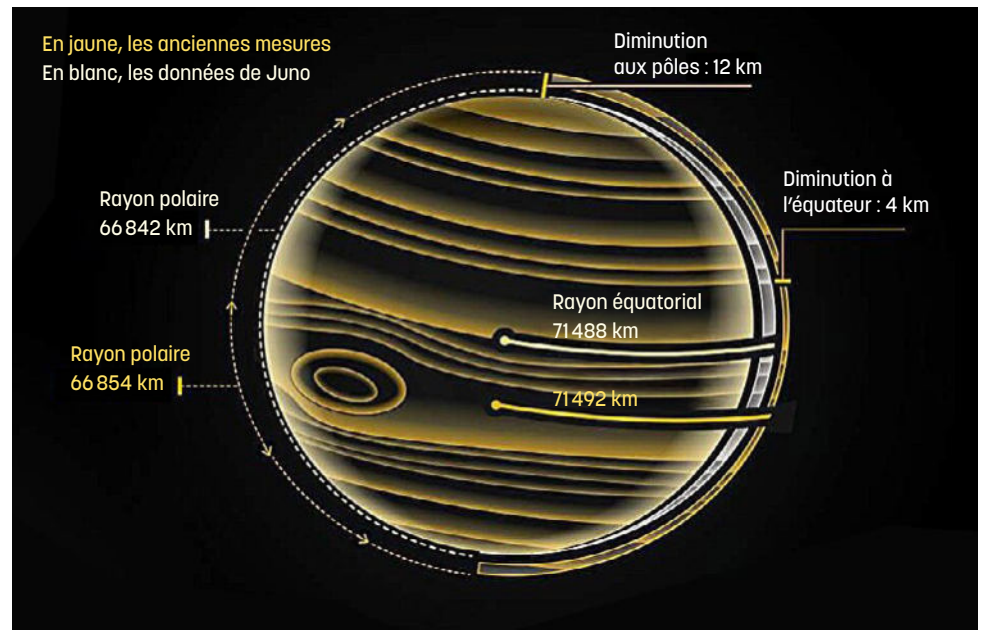
ORBEX

ORBEX

L'entreprise spatiale britannique prétendait lancer sa première fusée en 2026. Mais elle a entamé l'année par une « procédure d'insolvabilité ». Cette banqueroute fait suite à une levée de fonds insuffisante. La société française The exploration company s'est montrée intéressée par le rachat d'Orbex, sans que cela aboutisse. Le 20 janvier 2026, 90 employés ont été licenciés, avec la fermeture de son usine au Danemark. Les 150 restants, basés au Royaume-Uni, risquent la même issue.

JUNO MET JUPITER AU RÉGIME

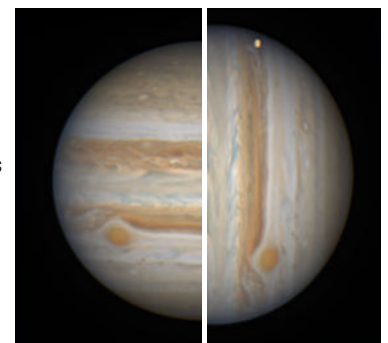
La sonde Juno de la Nasa actuellement en orbite autour de Jupiter a mesuré la planète géante sous toutes ses coutures. Et c'est une double surprise : celle-ci est plus petite, mais aussi plus ovale qu'attendu. Son diamètre perd en effet 8 km à l'équateur par rapport aux précédentes estimations et 24 km d'un pôle à l'autre.



Le nouveau rayon officiel de Jupiter est de 71 488 km à l'équateur et de 66 842 km aux pôles. Cet aplatissement est lié aux forces centrifuges induites par la rotation rapide de la planète géante sur elle-même (9 h 56 min).



L'aplatissement de Jupiter de 6,5 % aux pôles est flagrant si l'on coupe la planète en deux selon l'axe équatorial et celui des pôles pour comparer les deux diamètres.



40,85 km

C'est la distance parcourue par le rover Perseverance à la surface de Mars au 17 février 2026. Il s'approche du record absolu établi par Opportunity (45,16 km), toujours sur la planète rouge. Mais il a déjà « dépassé » son aîné et jumeau Curiosity, toujours en activité dans le cratère Gale, et qui ne compte que 36,19 km au compteur.



**OFFRE
PREMIUM**

le magazine +
les contenus sur
cieletespace.fr

ABONNEZ-VOUS

et réalisez jusqu'à 60 % d'économie



**NOTRE HORS-SÉRIE
DÉBUTER EN ASTRONOMIE**

Envoyez le coupon ci-contre
ou abonnez-vous en ligne
avec le **CODE DEBUTER** sur
www.cieletespace.fr

Bon à retourner, avec son règlement, à Ciel & Espace c/o Oppier Services, CS 60003, 31242 L'Union Cedex.

Service abonnés : serviceabonnes@cieletespace.fr ou 05 34 56 35 60 (10 h-12 h / 14 h-17 h)

1. Oui, je m'abonne, j'inscris mes coordonnées

Nom

Prénom

Adresse

Code postal [] [] [] [] Ville

Tél

Mail*

* Indispensable pour accéder aux podcasts, versions numériques, articles et profiter du Club abonnés après création de votre compte sur www.cieletespace.fr

Je règle par chèque à l'ordre de Ciel & Espace

Règlement par carte bancaire et
autres offres d'abonnement en
scannant ce QR code



2. Je choisis mon offre

OFFRE PAPIER

☐ 1 an

73 € au lieu de 112,50 €*

☐ 2 ans

137 € au lieu de 224,40 €*

6 magazines + 2 hors-séries
+ 1 Almanach / an **version papier**

Offres valables pour la France métropolitaine. Dom-Tom et autres pays, consultez nos offres sur www.cieletespace.fr/abonnement. Pour le Canada et les USA, contactez : Express Mag (Québec), au 1.800.363.1310 - mail : expsmag@expressmag.com - web : www.expressmag.com

* Valeur prix kiosque, podcasts et web selon l'abonnement.

En application de l'article 27 de la loi du 06/01/1978, les informations ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande et sont communiquées aux destinataires la traitant. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès de nos services. Vous pouvez vous opposer à ce que vos nom et adresse soient cédés ultérieurement. Siège social : Ciel & Espace 17, rue Émile-Deutsch-de-la-Meurthe 75014 Paris.

OFFRE PREMIUM**

☐ 1 an

95 € au lieu de 226,40 €*

☐ 2 ans

177 € au lieu de 448,80 €*

6 magazines + 2 hors-séries
+ 1 Almanach / an **en versions papier
et numérique**

Accès à **tous nos articles
et tous nos podcasts**
sur cieletespace.fr

Club abonnés
Lisible sur pc et smartphone

** En cas d'interruption de l'abonnement, l'accès au magazine numérique ainsi qu'aux archives sera automatiquement suspendu.

090606

UNE HISTOIRE DES IMAGES DU MONDE

d'Hésiode à Stephen Hawking

De l'Antiquité à nos jours, cet ouvrage met en scène l'évolution des idées sur le monde, ses possibles origines, finitude et structure. Il fait sentir les atmosphères propres à chaque période en puisant dans des écrits poétiques, littéraires, religieux, philosophiques ou scientifiques.

Ces œuvres témoignent des différentes conceptions que l'homme a eues de sa place dans l'Univers, de son éventuelle singularité : elles revisitent les traditions, ouvrent de nouvelles perspectives, nourrissent les débats nés de changements de contextes ou de méthodes.

Au cours de son histoire, la construction de l'astronomie n'a jamais suivi un long fleuve tranquille. Laissez-vous entraîner dans les bouillonnements de cette passionnante aventure collective multiséculaire.

LES AUTEURS

Robert Locqueneux est professeur émérite à l'université de Lille. Ses recherches et son enseignement ont porté d'abord sur la chimie quantique, la thermodynamique et la mécanique statistique, ensuite sur l'histoire de la physique. Il a publié de nombreux ouvrages dans ce domaine.

Bernard Maitte est professeur émérite d'histoire et d'épistémologie des sciences à l'université de Lille. Fondateur du Forum des sciences, directeur d'une formation de journalistes scientifiques, il a obtenu de prix Jean Rostand pour La Lumière (Seuil) et le prix Jean Perrin de popularisation de la physique.

Version enrichie d'un index et d'une chronologie.

**Offre
spéciale**

Livre broché
416 pages

Bon à retourner avec son règlement par chèque, à : AFA, 17 rue Émile-Deutsch-de-la-Meurthe 75014 Paris

23,20 € l'ex. au lieu de ~~29 €~~
+ frais de port France métropolitaine : 10 €
= 33,20 € l'ex.

Offre valable jusqu'au 31/05/2026

Paiement par carte bancaire, envoi hors France métropolitaine :
commande en ligne sur
<https://boutique.afastronomie.fr/l-histoire-monde>

Nom

Prénom

Adresse

Code postal

Ville

PIGMENTER LES SÉJOURS EN ORBITE

Les astronautes sont soumis dans l'espace à toutes sortes de rayonnements qui peuvent nuire à leur santé. Une équipe de l'université de Glasgow propose un dispositif original, et coloré, pour les surveiller.

David Fossé

Cela ne transformera pas la station spatiale en pays d'Oz, mais cela pourrait égayer un peu les intérieurs assez austères dans lesquels évoluent des astronautes. À l'université de Glasgow, le professeur de technologie spatiale Gilles Baillet et son équipe viennent de développer un dispositif original de mesure des rayonnements, fondé sur l'usage de pigments produits par des bactéries. Certains rayonnements, on le sait, peuvent stimuler la production de pigments (cela s'appelle bronzer). Dans la plupart des cas, cependant, ceux qui sillonnent l'espace sont plus enclins à les détruire !

Rayons cosmiques, ultraviolets, rayons X... Ces rayons sont nocifs pour les êtres humains aussi, et c'est pourquoi s'en protéger est essentiel. Gilles Baillet a eu l'idée de mettre à contribution des bactéries inoffensives produisant du rouge, du jaune, du mauve, du bleu et de l'orange (certaines familières de nos salles de bain...) pour qu'elles nous alertent en cas de trop forte exposition.

Le principe ? Il est assez simple : grâce à des techniques d'impression spécifiques, les scientifiques commencent par déposer plusieurs couches de bactéries différentes sur un textile adapté. Quand on cesse de nourrir les petites bêtes, elles meurent. Mais leurs pigments, eux, demeurent. Du moins jusqu'à ce qu'ils soient à leur tour détruits par un rayonnement ou un autre. C'est là que réside l'astuce : lorsqu'une couche de pigment s'efface, elle en révèle une autre sous-jacente, colorée différemment, qui peut elle aussi disparaître si le flux de rayonne-

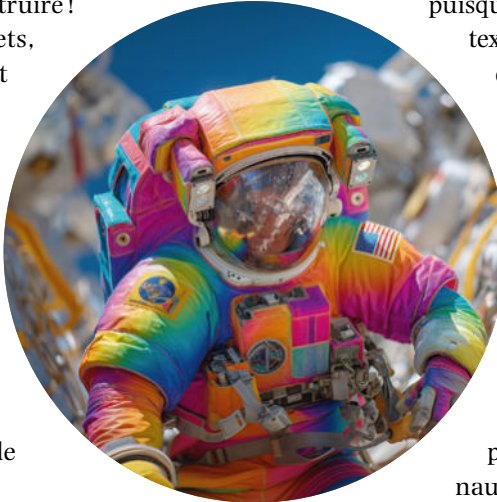
ments est trop fort... et ainsi de suite. Un festival de couleurs sur une étoffe témoin : voilà qui alerte les résidents en orbite.

L'intérêt d'un tel dispositif peut paraître limité. Après tout, une station spatiale embarque déjà des dosimètres qui font ce travail de surveillance. C'est vrai, mais d'une part, ces instruments reposent souvent sur de l'électronique, et donc nécessitent de l'énergie, et d'autre part, les astronautes ne les ont pas sur eux en permanence. Les pigments, eux,

ne consomment pas d'électricité. Surtout, puisqu'ils peuvent être utilisés sur des textiles, on peut tout à fait imaginer

des astronautes portant des vêtements qui les informeraient constamment et en temps réel du degré de la menace liée aux rayonnements ! C'est encore plus vrai en sortie extravéhiculaire. Plutôt que d'utiliser de l'énergie pour faire fonctionner un dosimètre, leur scaphandre pourrait être fait d'une étoffe pigmentée. Imaginez des astronautes sur le ténére régolithe lunaire, équipés de la sorte. Effet garanti...

Gilles Baillet et ses collègues envisagent aussi des applications bien terrestres à leurs textiles aux couleurs changeantes. Les radiologues ou les ouvriers du secteur nucléaire pourraient porter des tenues dopées aux pigments bactériens. Elles leur permettraient de savoir si telle ou telle partie de leur corps est exposée. L'équipe songe même à des vêtements d'été qui pourraient être utilisés en prévention des cancers de la peau ! Un test est prévu en orbite cette année sur un Cubesat, et Gilles Baillet rêve déjà de Lune... ☺



À LA VITESSE DE LA LUMIÈRE

Entre deux numéros de *Ciel & espace*, les planètes ne s'arrêtent pas de tourner. Voici une sélection des actualités publiées en direct sur le site cieletespace.fr, complément naturel de votre magazine papier.

17 décembre

ARIANE 6 FAIT COUP DOUBLE

Pour la première fois, la fusée européenne Ariane 6 a emporté en orbite deux satellites dans sa coiffe.

Un nouveau succès.

<https://tinyurl.com/59x7zfnr>

18 décembre

JARED 2

Après avoir été auditionné une deuxième fois par le Sénat américain, le milliardaire et astronaute privé Jared Isaacman a finalement été nommé administrateur de la Nasa.

<https://tinyurl.com/2p8xm37s>

19 décembre

COLLISION DE PLANÉTOÏDES

Rebondissement autour de l'étoile Fomalhaut : dans le disque de poussière qui l'entoure, où la planète Dagon s'était évanouie, les astronomes ont observé une collision entre deux petits corps solides.

<https://tinyurl.com/2nk9uk8d>

22 décembre

STARSHOT DANS LE VIDE

Huit ans après son lancement très médiatisé, le projet de voyage interstellaire Breakthrough Starshot

n'existe plus. Aucun financement, des recherches au point mort... Le tout sans la moindre annonce.

<https://tinyurl.com/yc3f2xus>

29 décembre

SALE TEMPS SUR LICK

La coupole qui abrite l'une des plus grandes lunettes au monde, à l'observatoire Lick aux États-Unis, a été sévèrement endommagée par une tempête. La lunette de 91 cm n'a pas été touchée.

<https://tinyurl.com/mr3kpanw>

La coupole de la lunette de 91 cm de diamètre de l'observatoire Lick, en Californie, endommagée par les vents. © University of California



14 janvier

LE RETOUR DE LA MAGNIFIQUE

L'étoile variable Mira atteint son maximum d'éclat, comme tous les 330 jours. Une bonne occasion pour l'observer à l'œil nu et suivre sa décroissance à la lunette.

<https://tinyurl.com/bdxx6az2>

15 janvier

CREW 11 À TERRE

L'un des astronautes de la mission Crew 11 a eu un problème de santé. Pour

cette raison, les quatre astronautes ont été rapatriés sur Terre plus tôt que prévu. Un cas rare dans l'histoire de l'exploration spatiale, mais pas inédit.

<https://tinyurl.com/bpafuc9m>

16 janvier

DU FER DANS LA LYRE

Des observations menées avec le télescope William Herschel de 4,1 m aux Canaries révèlent la présence de fer dans la nébuleuse annulaire de la Lyre (M 57). Un indice de la probable vaporisation d'une planète tellurique.

<https://tinyurl.com/3u3zp8v3>

16 janvier

HORIZON MARTIEN

Le rover Perseverance roule vers de nouvelles aventures en dehors du cratère Jezero, où il s'était posé. Une image panoramique montre les paysages dans lesquels il va évoluer.

<https://tinyurl.com/4s6tx3m3>

19 janvier

COMÈTE TRICOLEURE

Des amateurs français ont découvert une comète ! À l'heure des programmes de surveillance automatique du ciel à l'aide de télescopes puissants, la performance

est remarquable.

<https://tinyurl.com/33utbka6>

22 janvier

ROGER-MAURICE BONNET

L'ancien directeur des programmes scientifiques de l'Agence spatiale européenne, Roger-Maurice Bonnet, est décédé. Il a été l'artisan de nombreuses missions d'exploration dans le Système solaire.

<https://tinyurl.com/59nbvkj3>

23 janvier

TROU NOIR MI-LOUDR

La recherche des trous noirs de masse intermédiaire touche au but avec une nouvelle observation. C'est ce que laisse espérer l'analyse d'un événement transitoire à 1 milliard d'années-lumière.

<https://tinyurl.com/5awmz3w9>

26 janvier

PLATO SECOUÉ

Le futur observatoire spatial Plato destiné à la recherche d'exoplanètes a subi avec succès les tests de vibration en vue de son lancement en janvier 2027. Secoué, mais pas renversé !

<https://tinyurl.com/5n6nxjzn>

27 janvier

GALAXIE NOIRE

La découverte d'une galaxie sans étoiles apporte une preuve supplémentaire à l'existence de la matière noire.

<https://tinyurl.com/562n85mr>

27 janvier

LA NASA ÉPARGNÉE

Le Congrès américain a finalement doté la Nasa d'un budget proche de

celui demandé, malgré les coupes importantes qui avaient été proposées par la Maison-Blanche. Donald Trump a signé le décret.

<https://tinyurl.com/37vp8cvy>

29 janvier

NŒUD D'HELIX

Le télescope spatial James Webb a produit une image très fine de la nébuleuse planétaire Helix. On y détaille des « nœuds cométaires » avec une finesse sans précédent.

<https://tinyurl.com/yzydutzk>

2 février

DESIGNER DE SPACE X

C'est un Français qui a conçu le design des vaisseaux Starship de la société privée Space X ! Rencontre avec Mathias Verhasselt, qui a rejoint l'entreprise californienne parce qu'il réalisait des illustrations spatiales sur son temps libre.

<https://tinyurl.com/yat86zsd>

4 février

LE CIEL CHILIEN SAUVÉ

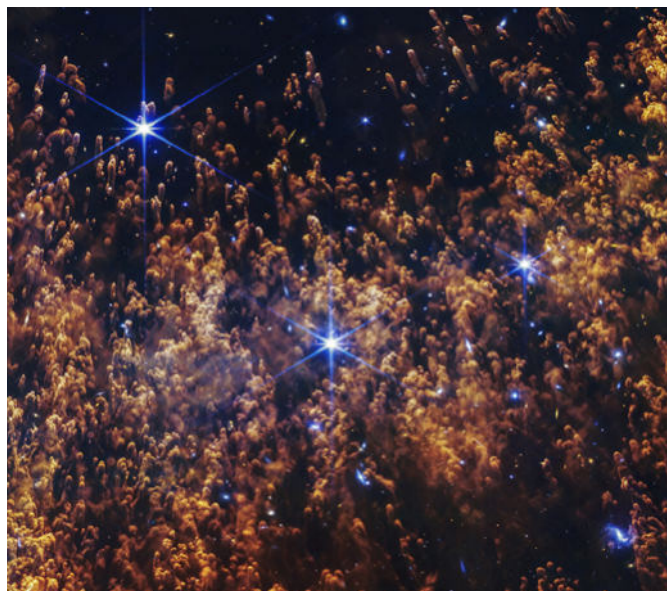
L'Observatoire européen austral n'est plus menacé par un projet industriel qui devait être lancé à quelques kilomètres de ses coupes, au Chili. La société qui le défendait a renoncé à son implantation.

<https://tinyurl.com/2nk2w4dy>

10 février

PRÉCIEUSE TATOOINE

Les exoplanètes tournant autour d'étoiles doubles, comme Tatooine dans *Star Wars*, sont rares.



Gros plan du télescope spatial James Webb sur les globules cométaires de la nébuleuse d'Helix. © Nasa/ESA/CSA/STScI/A. Pagan

Les astronomes savent maintenant pourquoi.

<https://tinyurl.com/ye29nvjv>

11 février

MENGZHOU EN FORME

Le futur vaisseau lunaire chinois, ainsi que la fusée Longue Marche 10 qui doit le propulser, ont franchi avec succès un test critique : l'abandon de mission pendant l'ascension et le fonctionnement d'un premier étage censé devenir récupérable.

<https://tinyurl.com/3x49mn7p>

12 février

ARIANE 6 VERSION LOURDE

Pour la première fois, une Ariane 6 dotée de quatre boosters à poudre a lancé une charge utile, à savoir 32 satellites de la constellation Amazon. C'est la plus puissante Ariane lancée.

<https://tinyurl.com/yr7we7fm>

13 février

EN DIRECT DE CAP CANAVERAL !

Les quatre astronautes de Crew 12 ont rallié la station spatiale internationale. Parmi eux, Sophie Adenot, deuxième Française à aller dans l'espace. Sa mission à bord du complexe orbital durera 8 mois. Revivez son décollage avec notre direct depuis cap Canaveral !

<https://tinyurl.com/5bavakmh>

17 février

SUPER-KILONOVA

Une étoile massive explose, donne deux étoiles à neutrons qui fusionnent immédiatement dans un flot d'ondes gravitationnelles : c'est ce phénomène incroyable qu'ont surpris les astronomes. Un mécanisme prévu par la théorie, mais encore inédit en observation.

<https://tinyurl.com/yc55a29e>

ARIANE 6 TOUT EN PUISSANCE

La fusée Ariane 6 dotée pour la première fois de quatre accélérateurs à poudre s'élève dans le ciel de Guyane. Ce 12 février 2026, c'est la fusée la plus puissante conçue par l'Europe qui prend le chemin de l'espace. Elle peut emporter jusqu'à 21,6 tonnes en orbite basse. Et en attendant un prochain lanceur partiellement récupérable, elle est le fer de lance d'un accès indépendant du Vieux Continent à l'espace. © ESA/M. Pedoussaut





WESTERLUND 2 À TRAVERS LA LOUSSIÈRE

L'amas stellaire Westerlund 2 se trouve à 20 000 années-lumière, dans la constellation australe de la Carène. Le télescope spatial James Webb, sensible aux rayons infrarouges qui traversent la poussière interstellaire, en livre ici une version métamorphosée par rapport à celle du télescope Hubble (en couverture de ce numéro). Les astronomes ont pu identifier dans cette région de formation d'étoiles plusieurs centaines d'astres de petite masse. Ces naines brunes sont trop petites pour briller comme des étoiles. © ESA/Webb, Nasa & CSA





UNE NÉBULEUSE PLANÉTAIRE ENCORE DANS L'ŒUF

La nébuleuse de l'Œuf avait marqué les esprits lors de sa première observation par Hubble en 1997. Elle est ici revisitée avec une caméra plus moderne du télescope spatial et les moyens actuels de traitement d'image. Il s'agit du chant du cygne d'une étoile comparable au Soleil, vue dans sa phase pré-nébuleuse planétaire. On observe deux jets polaires, ainsi qu'un disque de poussières formé il y a seulement quelques centaines d'années. © ESA/Hubble & Nasa, B. Balick (University of Washington)



**GALAXIES DISTORDUES**

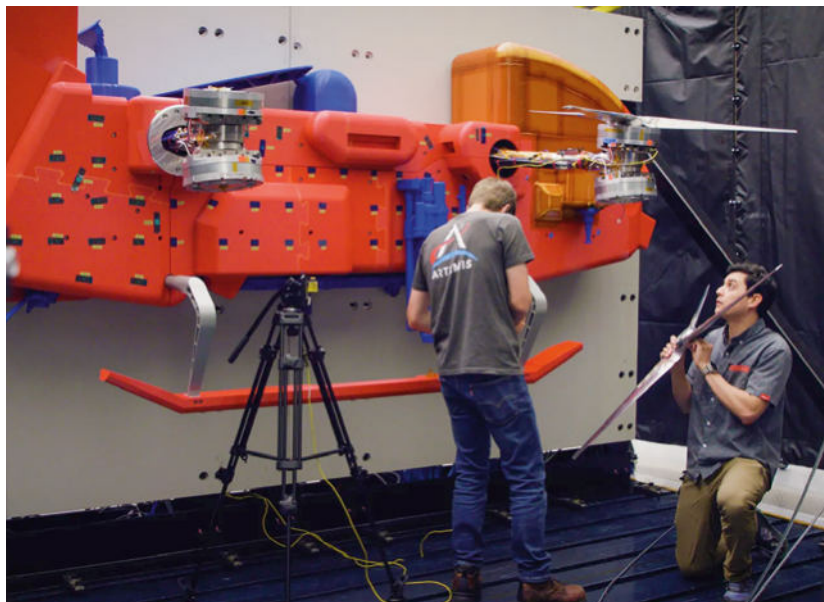
Il y a deux populations de galaxies dans cette image du télescope spatial James Webb. Celles qui apparaissent blanches composent l'amas MACS J1149.5+2223, distant de 5 milliards d'années-lumière. Les autres, nettement rouges, sont bien plus lointaines. Le trajet de leur lumière est dévié par MACS J1149.5+2223, dont la masse déforme l'espace-temps autour de lui. Il en résulte des images de galaxies spirales totalement distordues, notamment au centre, par ce que les astronomes nomment des lentilles gravitationnelles.

© ESA/Webb, Nasa & CSA



SHENZHOU 20 SANS PROBLÈME

L'information est passée quelque peu inaperçue : la Chine a fait revenir à vide le vaisseau Shenzhou 20 le 19 janvier 2026. Un impact de micrométéorite avait endommagé l'un de ses hublots, rendant dangereux le retour sur Terre avec un équipage à bord. Deux astronautes étaient donc sortis en scaphandre pour effectuer une réparation avant que l'engin soit envoyé vers la Terre sans personne à bord. Il a atterri sans encombre, démontrant que l'intervention avait permis de le garder opérationnel. © Xinhua/Li Zhipeng



UNE GROSSE LIBELLULE POUR TITAN

Près de 900 kg, 3,85 m de long pour 1,75 m de haut : le drone que la Nasa s'apprête à lancer vers Titan a beau s'appeler Dragonfly (« libellule »), il en impose ! Ce modèle à l'échelle 1 est testé actuellement dans la soufflerie du Langley Research Center, en Virginie, pour mettre à l'épreuve son système de rotors. Dragonfly doit explorer la lune de Saturne à partir de 2034 pour une mission de presque trois ans et demi. © Nasa

EXPANSION DE L'UNIVERS

L'ÉNERGIE SOMBRE MISE EN QUESTION

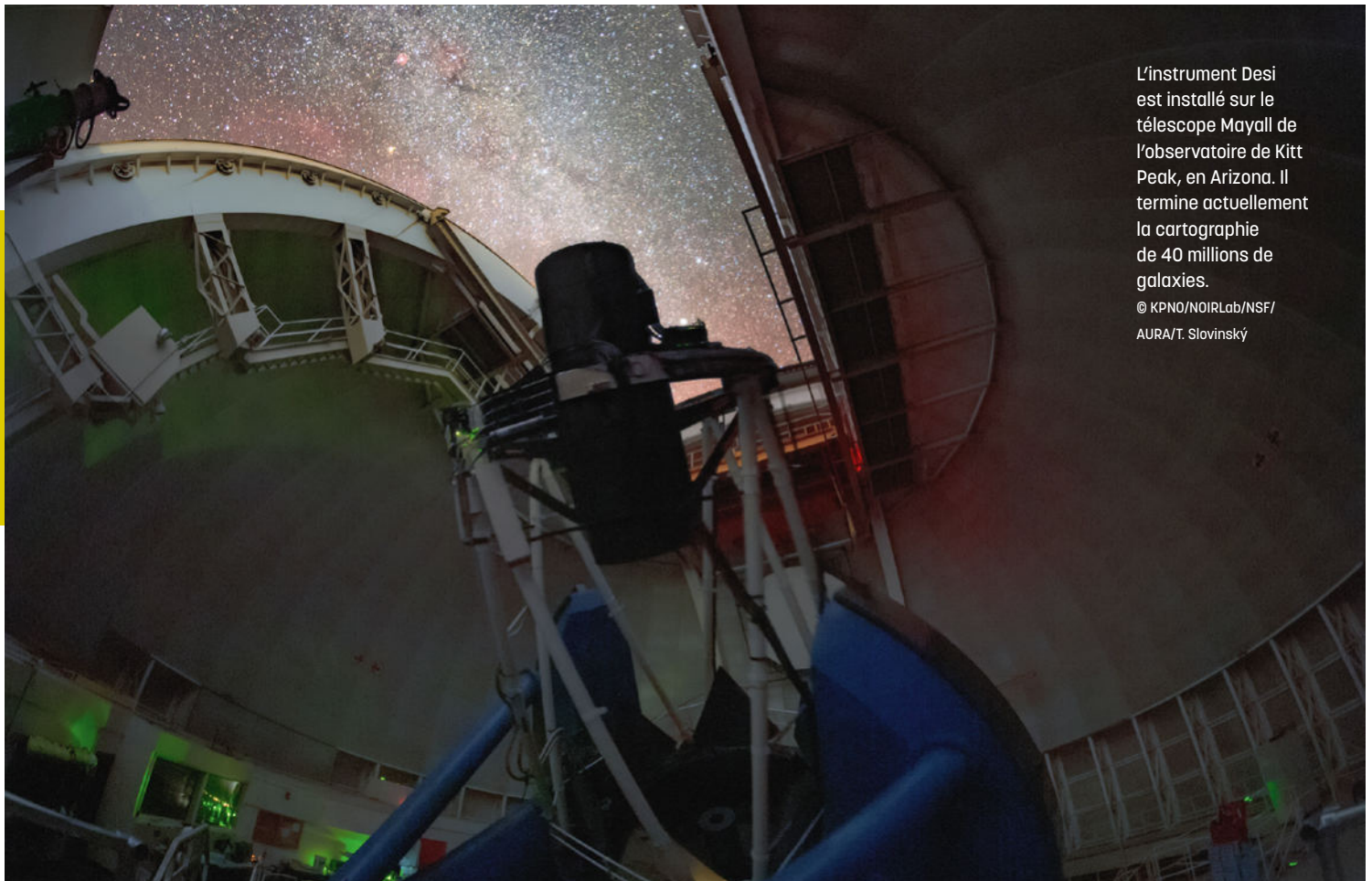


Une nouvelle faille est-elle en train de s'ouvrir en cosmologie ? On pensait la chose établie depuis près de trente ans : l'expansion de l'Univers s'accélère sous l'influence d'une forme d'énergie inconnue agissant avec une parfaite constance, l'énergie sombre. Depuis 2024 pourtant, les progrès effectués grâce au plus vaste relevé de galaxies jamais produit sèment le doute. La cartographie de l'Univers réalisée par l'expérience Desi indique que l'énergie sombre pourrait avoir varié au cours du temps ! Ce constat révolutionnaire oblige les scientifiques à rebattre les cartes. Les observateurs, d'un côté, poussent les données jusque dans leurs retranchements. Certains envisageant même que l'expansion cosmique soit en train de faiblir. Les théoriciens, de l'autre, explorent de nouvelles pistes pour expliquer ce que voit Desi. Jusqu'à imaginer trouver la source de l'énergie sombre dans les trous noirs ! La fissure qui vient d'apparaître pourra-t-elle être colmatée à peu de frais pour notre vision actuelle de l'Univers ? Ou bien, s'ajoutant à d'autres, va-t-elle provoquer une révolution en physique ?

DESI FRANCHIT LE RUBICON

Les mois passent et la nouvelle semble se confirmer : la vaste cartographie de l'Univers réalisée par l'expérience Desi, en Arizona, suggère que l'énergie sombre qui accélère l'expansion cosmique a évolué au fil du temps. Une révolution !

David Fossé



L'instrument Desi est installé sur le télescope Mayall de l'observatoire de Kitt Peak, en Arizona. Il termine actuellement la cartographie de 40 millions de galaxies.

© KPNO/NOIRLab/NSF/AURA/T. Slovinsky

Le prix Nobel est-il au bout du chemin ? L'histoire le dira, mais une chose est sûre : dans les esprits, la révolution a bel et bien eu lieu. L'équipe du relevé céleste Desi a électrisé la communauté scientifique en suggérant que la mystérieuse énergie sombre qui accélère l'expansion de l'Univers pourrait avoir varié au cours du temps, loin d'être

cette « constante cosmologique » héritée d'Einstein (voir encadré ci-contre). « Dans les six premiers mois qui ont suivi nos publications de 2025, notre travail a été cité dans plus de 500 articles ! » s'enthousiasme Christophe Yèche, chercheur au CEA et membre de la collaboration Desi (Dark Energy Spectroscopic Instrument). De fait, avec sa carto-

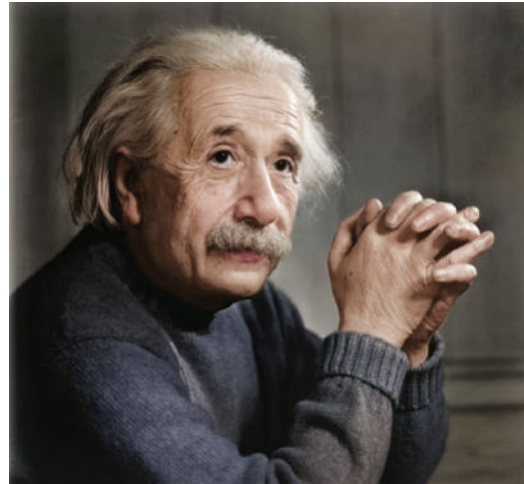
graphie inédite de près de 15 millions de galaxies et de quasars ⁽¹⁾ jusqu'à 12 milliards d'années dans le passé, Desi vient d'entrouvrir une porte qui ne se refermera pas de sitôt. La cosmologie pourrait en être changée à tout jamais.

Tout a commencé au début du mois d'avril 2024, lorsque l'équipe annonce avoir découvert « *une possible déviation du comportement de l'Univers par rapport au modèle standard de la cosmologie* » ⁽²⁾. Ce modèle, c'est le modèle Λ CDM (prononcer lambda CDM), la version moderne de la théorie du big bang. Mis au point au fil des décennies, il explique toute l'expansion de l'Univers sur 13,8 milliards d'années au moyen de seulement six paramètres — dont la densité de matière dans l'Univers — et quelques hypothèses, dont l'existence d'une énergie sombre assimilable à une constante Λ dans les équations. Quant à la « *possible déviation* », elle, elle est modeste. En cartographiant galaxies et quasars, Desi mesure la densité de matière loin dans le passé de l'Univers. Or, la valeur trouvée n'est pas exactement celle que l'on trouve par d'autres moyens, notamment lorsqu'on s'appuie sur le rayonnement du fond cosmologique (la première lumière du cosmos, émise 380 000 ans après le big bang) ou sur les supernovas lointaines.

Pourtant, il n'existe qu'un seul Univers ! Toutes ces mesures devraient donc donner la même valeur... À l'époque, l'excitation est grande, mais la prudence l'est tout autant. Certes, le hiatus pourrait s'expliquer par un rythme de l'expansion cosmique différent de ce que prédit le modèle Λ CDM. Ce serait une découverte majeure. Mais il pourrait tout aussi bien s'effacer avec de nouvelles observations. Sauf qu'un an plus tard, après l'analyse de nouvelles données, l'équipe de Desi constate que ce n'est pas le cas. Bien au contraire, l'écart entre les différentes mesures de la densité de matière est maintenant un peu plus net...

Inconstance cosmologie

Au printemps 2026, les astrophysiciens oscillent toujours entre enthousiasme et circonspection. Certains, comme Thibaut Louis ⁽³⁾, soulignent que les écarts mesurés sont encore faibles. Ces écarts pourraient s'expliquer par de simples fluctuations statistiques (quoique votre taille ne change pas, si vous vous mesurez à dix reprises, vous obtiendrez à chaque fois une valeur légèrement différente). Sur-tout, « *c'est avec les données issues des mesures sur les*



Une erreur de jeunesse ? Albert Einstein regrettait d'avoir introduit une constante, Λ , dans sa mise en équation de l'Univers. Elle est pourtant au cœur de la cosmologie actuelle.

Λ CDM, EINSTEIN ET NOUS

Albert Einstein a-t-il vraiment fait « la plus grande erreur de [sa] vie » en introduisant en 1917 une constante Λ dans sa description mathématique de l'Univers ? Plus d'un siècle plus tard, elle embarrasse en tout cas toujours les cosmologistes. Conçue pour garantir la stabilité de l'Univers (Einstein croyait à cette époque à un univers statique), oubliée à la faveur de la découverte de l'expansion cosmique (1929), puis ressuscitée pour expliquer l'accélération de cette expansion découverte en 1998, elle est aujourd'hui au cœur de la théorie du big bang. Λ CDM, le nom moderne de celle-ci, repose en effet sur l'hypothèse que cette accélération est provoquée par une forme d'énergie inconnue (énergie sombre) dont l'effet têtu peut être associé à une constante. Les trois autres lettres, CDM, symbolisent l'autre hypothèse phare du modèle : la matière dans l'Univers est essentiellement constituée de matière noire froide (Cold Dark Matter). C'est-à-dire une forme de matière elle aussi inconnue, mais dont les particules sont lentes devant la vitesse de la lumière (froid ou chaud signifiant lent ou rapide dans ce contexte).

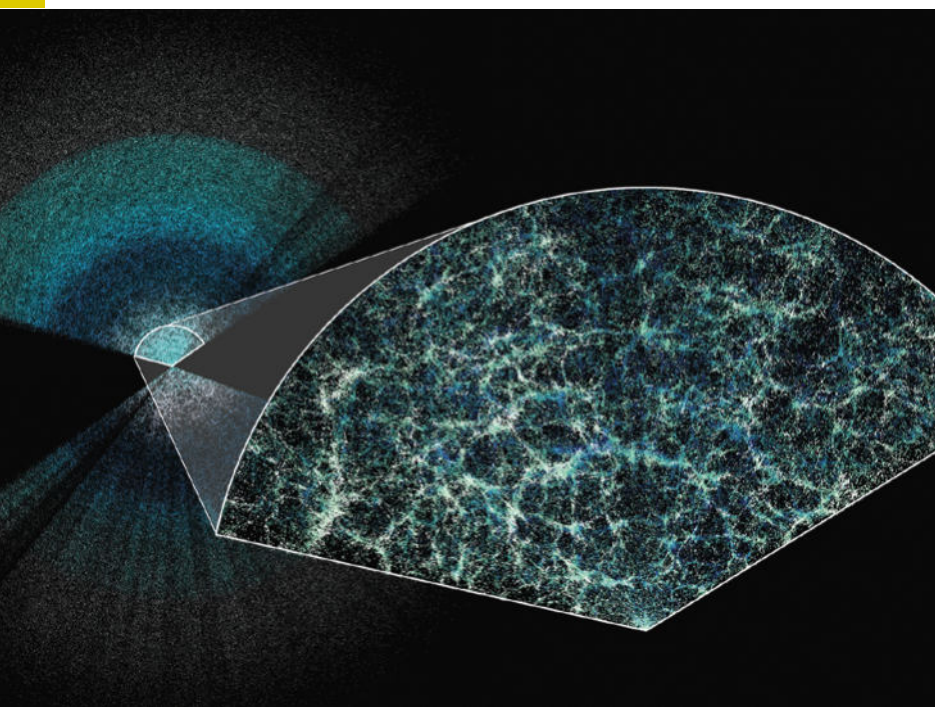
supernovas lointaines que l'écart est le plus prononcé », note Thibaut Louis. Or, il est de notoriété publique que leur exploitation est très difficile. « *Ces mesures sont susceptibles d'être biaisées. D'ailleurs, depuis mars 2025, une réanalyse des observations sur certaines supernovas a un peu réduit l'écart avec Desi* », révèle le cosmologiste. Pourtant, cette correction n'a pas

Les mesures suggèrent l'existence d'une nouvelle composante de l'Univers

effacé le hiatus. Et Christophe Yèche a beau jeu de souligner que les résultats de Desi, eux, sont solides : « Desi a précisément été conçu pour mesurer avec la plus grande finesse possible l'énergie sombre, via la mesure de la densité de matière dans l'Univers. »

L'expérience s'appuie sur la mesure de la position et de la distance du plus grand nombre de galaxies possible, réalisée avec le télescope Mayall de 4 m de diamètre, à l'observatoire de Kitt Peak en Arizona. On lui doit d'ailleurs la plus vaste cartographie en trois dimensions de l'Univers. « En cinq ans, Desi a cartographié presque dix fois plus de galaxies lointaines que le précédent grand relevé céleste en 20 ans », indique Christophe Yèche. À l'origine du succès, un petit bijou de technologie : 5 000 fibres optiques moins épaisses qu'un cheveu disposées sur le plan focal du télescope, capables chacune de conduire la lumière d'un objet céleste précis vers un spectromètre, et repositionnables à 5 microns près en quelques minutes. Impressionnant ! Mais ce n'est pas tout : « Les données sont publiques et ont été réanalysées par d'autres équipes, qui trouvent les mêmes valeurs que nous », insiste Chris-

Un zoom sur la gigantesque cartographie réalisée par Desi laisse deviner que la répartition des galaxies forme des sortes de bulles (les couleurs désignent différents types de galaxies). © C. Lamman/Desi collaboration

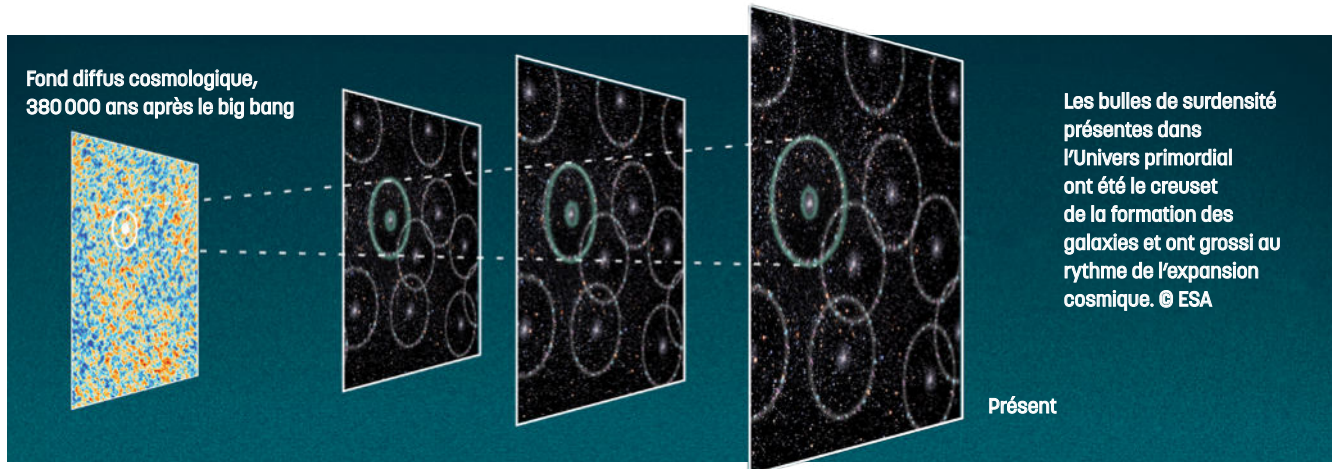


tophe Yèche. Difficile donc de balayer d'un revers de main les écarts sur la densité de matière. D'autant que, « même si l'on ne tient pas compte des supernovas, il y a un désaccord persistant avec les mesures sur le fond diffus cosmologique », reprend le chercheur. Et de ce côté-là, « les données sont fiables », comme le concède Thibaut Louis, qui a participé à l'une d'elles⁽⁴⁾.

Un sacrifice peu coûteux

Faut-il s'alarmer pour le modèle standard de la cosmologie Λ CDM ? Oui, et d'abord pour le destin de cette fameuse constante Λ , qui symbolise l'énergie sombre. « L'une des façons les plus naturelles de réconcilier le modèle standard avec les différentes valeurs mesurées pour la densité de matière, c'est de faire varier le rythme de l'expansion de l'Univers, et donc de sacrifier la constante cosmologique », explique Christophe Yèche. À vrai dire, tout comme à Thibaut Louis pour lequel ça ne poserait « aucun problème », le sacrifice ne lui coûterait pas beaucoup. « Cette constante qui a été introduite par Einstein, puis retirée, puis introduite à nouveau, n'est pas très bien motivée physiquement. Longtemps, on a tenté de lui trouver un sens. On a imaginé qu'elle pouvait représenter l'énergie du vide [en physique quantique, le vide possède une énergie, NDLR], mais ça ne colle pas du tout », poursuit Christophe Yèche. Bref, sauf à la voir comme une vraie constante de la nature, dont il ne sert à rien de chercher l'origine profonde (position que défendent certains cosmologistes au demeurant), elle serait devenue bien encombrante...

Très bien, mais alors par quoi la remplacer ? Par une énergie sombre variable, bien sûr. C'est en tout cas la piste qu'a choisi d'explorer l'équipe de Desi. Mathématiquement, on peut voir l'énergie sombre comme un fluide qui exerce une pression négative, c'est-à-dire un fluide dont la pression croît quand la densité diminue. C'est contraire à notre expérience commune, mais ça explique bien l'accélération de l'expansion de l'Univers : plus il est vide, plus il s'étend vite. « Dans les équations, on décrit ce comportement à l'aide d'un paramètre noté ω . Une valeur constante et égale à -1 correspond à la constante cosmologique d'Einstein », précise Christophe Yèche. Cette valeur fixe ne parvient pas à expliquer les fameuses mesures. En revanche, miracle, tout s'accorde si l'on autorise ω à dépendre du temps. Il y a toutefois un prix à payer à cette énergie sombre « dynamique ». D'abord, « l'histoire de l'accélération de l'expansion de l'Univers en est un peu changée : elle commence un



LE B.A.-BA DES BAO

Pour mesurer la densité de matière dans l'Univers et le tempo de l'expansion cosmologique, l'équipe de Desi s'est appuyée sur les BAO (Baryon Acoustic Oscillation, ou oscillation acoustique des baryons). Lorsque l'Univers n'était qu'une soupe de particules et de photons, des ondes acoustiques s'y propageaient librement, y produisant des variations de densité de matière

(baryons) similaires aux vagues créées par des graviers jetés dans un lac. Suffisamment refroidie par l'expansion cosmique, cette soupe s'est figée 380 000 ans après le big bang et a gelé par la même occasion les ondes de densité de baryons. Cette empreinte est toujours visible dans le fond diffus cosmologique. Mais ce n'est pas la fin de l'histoire! Étirées par l'expansion

cosmique, ces vagues gelées ont grandi à son rythme. Parallèlement, c'est en leur sein que la matière s'est structurée en galaxies. C'est ainsi que la distribution des galaxies, mesurée à différentes époques de la vie de l'Univers, témoigne du rythme de l'expansion cosmologique, tout en étant une empreinte des motifs du fond diffus cosmologique.

petit peu plus tôt qu'on l'imaginait, et elle devient deux fois plus faible aujourd'hui que ce que prédit le modèle Λ CDM. » Mais surtout : « Pour expliquer nos mesures, il faut que w puisse prendre une valeur inférieure à -1 . Or, en physique, c'est une valeur plancher indépassable, sauf à envisager une nouvelle composante de l'Univers », prévient Christophe Yèche.

Profusion d'idées

Et c'est bien là la révolution ! Une nouvelle composante de l'Univers ? De quoi s'agit-il ? On s'en doute, les propositions ont fusé dans les laboratoires de physique théorique. Et d'autant plus que, comme l'explique Thibaut Louis, « on peut certes réconcilier les données avec une énergie sombre dynamique, mais pas seulement. Une forme d'énergie sombre qui aurait agi uniquement à l'époque de l'Univers primordial pourrait aussi le faire. » Les physiciens lui ont déjà donné un nom, Early Dark Energy, mais bien d'autres propositions sont sur la table...

L'idée d'une énergie sombre « dynamique » ou « précoce », et en tout cas certainement pas

« constante », est maintenant dans toutes les têtes. Une digue a cédé ! D'ici la fin de l'année, Desi fournira ses ultimes résultats. L'expérience vient tout juste d'achever sa cartographie du ciel. Elle portera cette fois sur 40 millions de galaxies et de quasars. À peu près au même moment, l'équipe du satellite européen Euclid livrera ses premières analyses, fruits de sa première année d'observation de l'Univers. Elle utilise une autre méthode, réputée très puissante, mais poursuit le même but : démasquer la vraie nature de l'énergie sombre qui emporte l'Univers. Rendez-vous donc dans quelques mois. Et d'ici là : suspense. ☹

(1) Les quasars sont produits par le rayonnement de trous noirs supermassifs en activité, au cœur des galaxies. Ce sont les sources les plus lumineuses de l'Univers.

(2) Lire : <https://www.cieletespace.fr/actualites/avec-desi-une-nouvelle-fissure-ouverte-en-cosmologie>

(3) Du Laboratoire de physique des deux infinis Irène Joliot-Curie.

(4) Écouter notre podcast : <https://www.cieletespace.fr/actualites/podcast-ce-que-revele-latacama-cosmology-telescope-sur-la-premiere-lumiere-de-lunivers>

COUP DE FREIN SUR L'EXPANSION COSMIQUE

L'accélération de l'expansion cosmique sous l'effet d'une mystérieuse énergie sombre semble un fait établi. Mais une équipe sud-coréenne affirme l'inverse : elle serait en réalité en train de ralentir.

Mathis De Géo

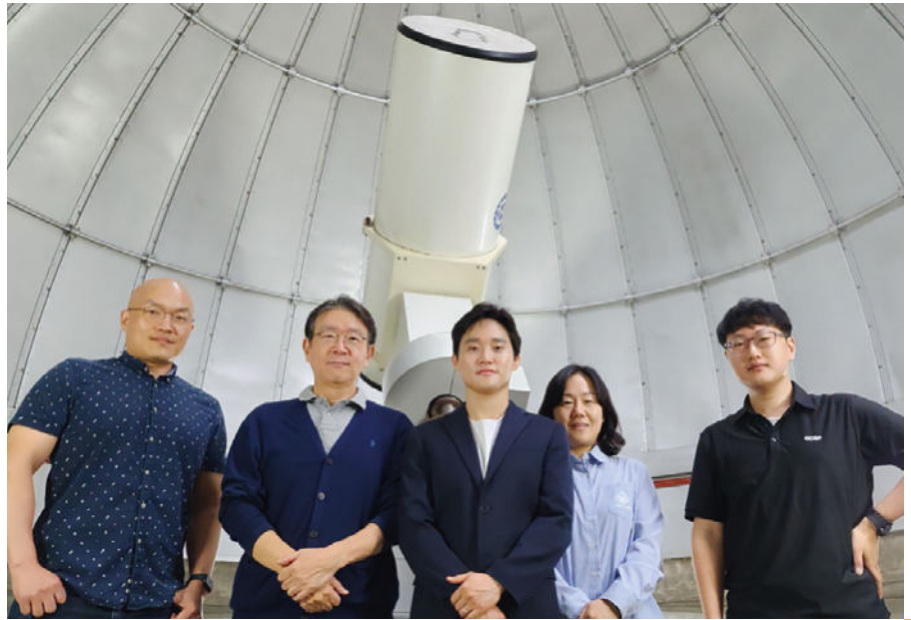


En suggérant une variation au cours du temps du moteur qui accélère l'expansion cosmique, l'équipe de Desi se doutait-elle qu'elle ouvrait une brèche dangereuse dans la cosmologie moderne ? Junhyuk Son (université Yonsei, Corée du Sud) et ses collègues s'y sont en tout cas engouffrés. Dans un article publié en novembre 2025, ils prétendent que, loin d'accélérer, l'expansion cosmique aurait déjà commencé à ralentir ! Un revirement spectaculaire qui trouve sa source autant dans la cartographie par Desi des grandes structures de l'Univers que dans le réexamen des données issues d'observations des supernovas.

L'accélération de l'expansion de l'Univers a été identifiée en 1998 grâce à l'observation de supernovas lointaines, considérées comme des étalons de distance universels. Sa découverte a même valu un prix Nobel en 2011 à Saul Perlmutter, Adam Riess et Brian Schmidt. Mais ces supernovas sont-elles réellement fiables pour déterminer les distances ? se sont demandé les chercheurs coréens. En particulier celles dites de type Ia, les supernovas thermonucléaires qui explosent lorsqu'une étoile naine blanche a trop ingurgité de la substance d'une voisine ? *« Les supernovas de type Ia sont utilisées comme chandelles standards pour mesurer les distances cosmiques, sous l'hypothèse que leur luminosité intrinsèque est toujours la même, une fois appliquées quelques corrections empiriques, explique Chul Chung, co-auteur de l'étude. Notre étude réexamine cette hypothèse en mesurant directement l'âge des galaxies hôtes et en vérifiant si la luminosité des supernovas dépend de l'âge de la population stellaire sous-jacente. »*

Chandelles standards vacillantes

L'équipe part d'un constat simple : les propriétés des galaxies qui hébergent ces supernovas évoluent fortement avec la distance, et des indices croissants suggèrent que ces propriétés influencent la luminosité observée des supernovas. Ces chercheurs ont mis en évidence un effet systématique après analyse d'un large échantillon de galaxies hôtes : les explosions survenant au sein de populations d'étoiles jeunes nous apparaissent légèrement plus faibles que



Autour de Junhyuk Son (au centre), une équipe sud-coréenne affirme que l'expansion cosmique n'est plus aujourd'hui en train d'accélérer. Un résultat débattu ! © Yonsei University

celles issues de populations plus âgées, même après les corrections habituelles. *« Cela soulève la possibilité d'un biais subtil, mais systématique dans la cosmologie basée sur les supernovas », résume Chul Chung.*

La conséquence est considérable. Une fois corrigé ce biais lié à l'âge des galaxies hôtes, les distances déduites des supernovas changent. Et avec elles, l'histoire supposée de l'expansion de l'Univers ! En combinant les mesures des structures à grande échelle de l'Univers fournies par Desi à celles issues du fond diffus cosmologique (qui sonde l'Univers 380 000 ans après le big bang), puis à celles des supernovas corrigées, l'équipe coréenne montre que l'expansion de l'Univers, après avoir connu une brève phase d'accélération il y a 5 milliards d'années, serait aujourd'hui en train de ralentir. Une histoire bien différente de celle du modèle standard.

« Notre étude ne conteste pas l'existence de l'énergie sombre, précise Chul Chung. Cependant, elle questionne l'hypothèse selon laquelle celle-ci serait une

Les supernovas de type Ia, comme celle apparue dans la galaxie NGC 3169 en 2003, sont des explosions d'étoiles dont l'éclat bien calibré permet de mesurer les distances dans l'Univers, et donc le rythme de son expansion. © ESO/Igor Chekalin

L'équipe ne conteste pas l'existence de l'énergie sombre, mais plutôt son caractère constant et immuable

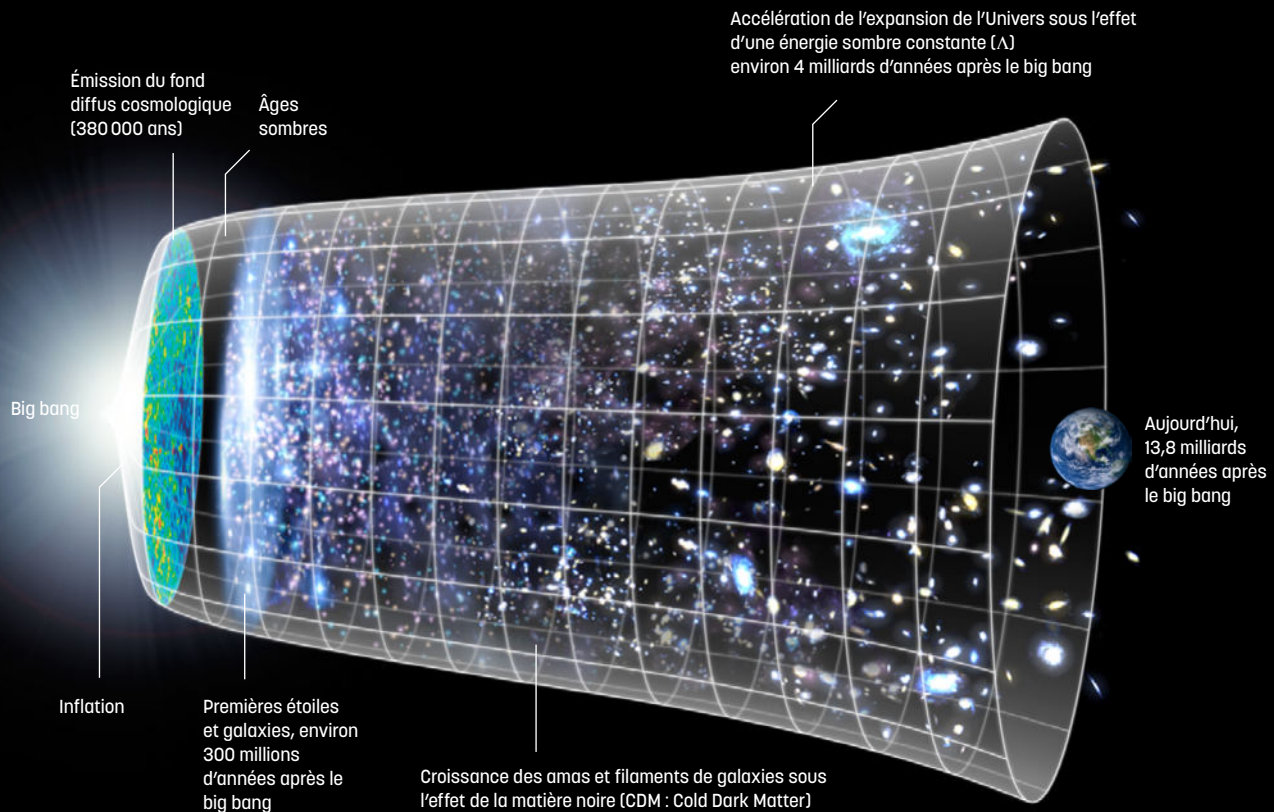
composante constante et immuable. » Pour le cosmologiste Christophe Yèche, membre de la collaboration Desi, « ces travaux s'inscrivent dans la continuité de nos premières analyses, qui autorisent une densité d'énergie sombre qui évolue dans le temps ». Ce dernier point est le vrai changement de paradigme, pour le cosmologiste. Reste à trouver maintenant le modèle qui pourra expliquer pourquoi l'énergie sombre a varié. Variation dont l'ampleur dépend en partie de la fiabilité des données sur les supernovas. Or, « les supernovas utilisées pour mesurer l'expansion de l'Uni-

vers proviennent de relevés hétérogènes, effectués avec des instruments variés, souligne Christophe Yèche. Atteindre la précision requise, de l'ordre de quelques millimagnitudes, relève du défi. » La correction proposée par l'équipe coréenne, fondée sur l'environnement et l'âge des galaxies hôtes, « a du sens physiquement », reconnaît-il, mais elle reste « discutable et discutée ».

Le débat est lancé

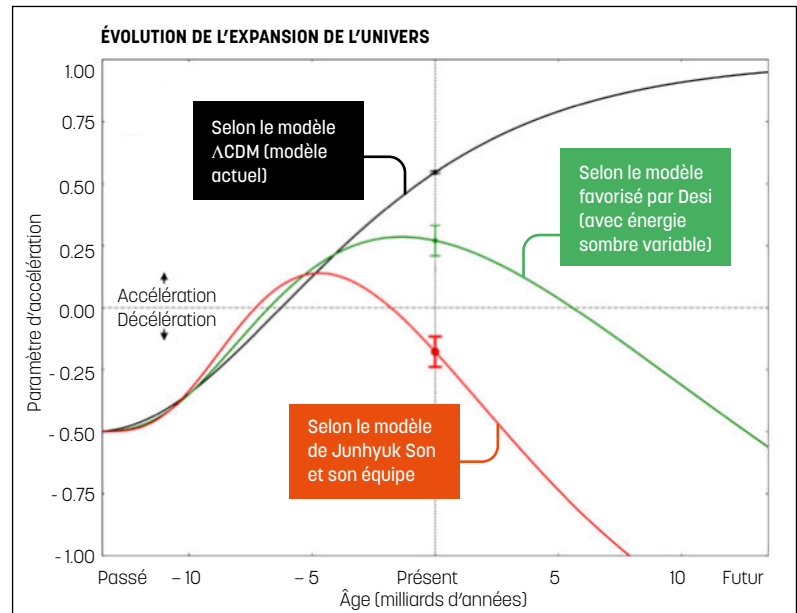
Pour preuve, l'article rédigé par Phil Wiseman, Adam Riess, Brian Schmidt et une bonne douzaine

L'histoire du cosmos, telle que la décrit le modèle standard de la cosmologie, baptisé Λ CDM. © Nasa/WMAP Scien Team



de collègues⁽¹⁾. Il se présente comme un démontage en règle du travail de l'équipe sud-coréenne. Selon ses auteurs, celle-ci ne se serait pas rendu compte que le biais sur la luminosité des supernovas qu'elle prétend corriger l'est déjà dans les analyses standards. Ensuite, l'une de ses prédictions clés, sur l'évolution au fil du temps du lien entre cette luminosité et la masse de la galaxie hôte, serait déjà démentie par les observations⁽²⁾. Enfin, elle aurait tout simplement commis des erreurs dans son étude, en appliquant certaines hypothèses sans discernement. « *Tester la robustesse des méthodes est une tâche cruciale, mais elle nécessite autant de prudence* », taclent Phil Wiseman et ses collègues. Croyant avoir levé un lièvre, l'équipe de Junhyuk Son s'est-elle pris les pieds dans le tapis? L'avenir le dira. À l'heure où nous imprimons ces lignes, l'article de Wiseman, et donc les critiques qu'il porte, n'a pas encore été validé par une revue à comité de lecture. Et les débats qui entourent les analyses de données des supernovas sont fréquents!

Les deux équipes sont d'accord au moins sur un point : « *Avec une meilleure compréhension de l'âge des étoiles à l'origine des supernovas, celles-ci continueront à être une sonde puissante pour l'étude de l'énergie sombre* », estime Chul Chung. D'ailleurs, avec la mise en route de l'observatoire Vera C. Rubin et son grand relevé céleste, des dizaines de milliers de nouvelles supernovas devraient bientôt être découvertes. Et cette fois par un seul et même



instrument, offrant donc un jeu de données cohérent. Confirmeront-elles que le moteur de l'Univers a calé, ou bien l'inverse? « *À ce stade, notre scénario est physiquement plausible et observationnellement cohérent, mais ce n'est pas forcément une conclusion définitive* », reconnaît prudemment Chul Chung. ☹

(1) Prépublié sur la plateforme arXiv le 20 janvier 2026.

(2) Celles du Dark Energy Survey (DES), qui a observé le ciel des Andes pendant 758 nuits de 2013 à 2019 et dont les données sont en cours d'analyse.

Selon l'équipe de Desi, l'expansion cosmique accélère toujours aujourd'hui, mais deux fois moins que prévu. Pour les Coréens, l'expansion a déjà commencé à ralentir! DR



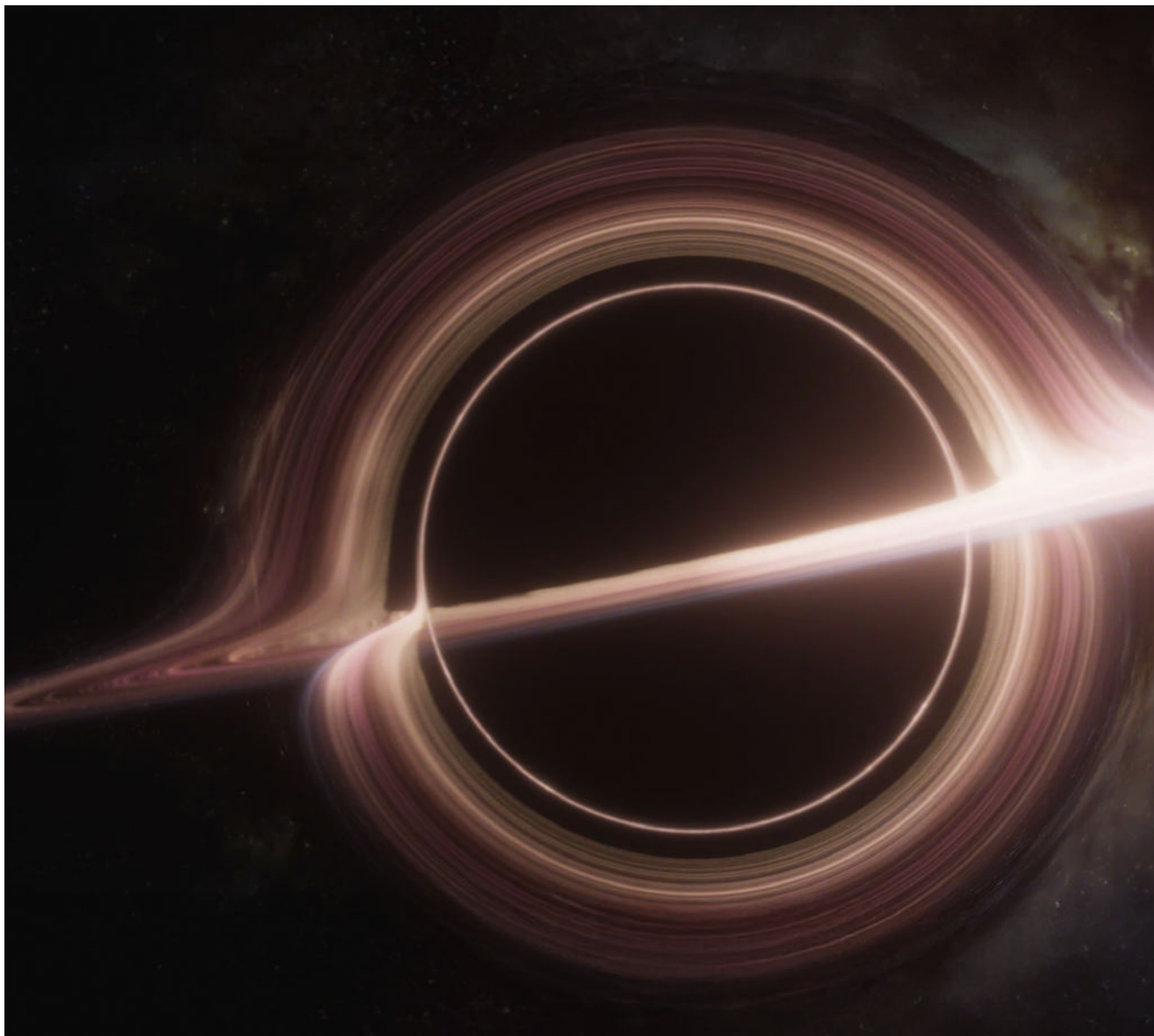
Le relevé céleste débuté en 2025 par l'observatoire Vera Rubin, dans les Andes, doit fournir un vaste échantillon de supernovas pour la cosmologie. © RubinObs/NOIRLab/NSF/AURA/B. Quint

ET SI LES TROUS NOIRS ÉTAIENT L'ÉNERGIE SOMBRE ?

Une hypothèse iconoclaste illustre l'effervescence théorique autour de l'énergie sombre. Les trous noirs en seraient la source ! Proposée au début des années 2020, elle s'accorde avec les résultats de Desi. Une solution pour sortir de la crise de la cosmologie ?

Stéphane Fay

Selon une équipe américaine, les trous noirs joueraient un rôle central dans l'expansion de l'Univers (vue d'artiste). DR



Voilà presque trente ans que l'on parle d'énergie sombre et l'on ignore toujours ce qu'elle est. L'hypothèse la mieux admise est qu'il s'agit d'une énergie du vide, présente en chaque point de l'espace et du temps. En effet, le vide n'existe pas en physique : des particules surgissent et disparaissent en permanence du néant, partout, tout le temps. La densité d'énergie du vide est constante malgré l'expansion de l'Univers, car plus d'espace signifie aussi plus de vide, et donc plus d'énergie du vide ! Et elle a longtemps permis d'expliquer les observations de l'Univers primordial (celles du rayonnement de fond cosmologique, première

lumière librement émise 380 000 ans après le big bang) comme celles de l'Univers tardif, en particulier l'accélération de son expansion depuis 5 à 6 milliards d'années.

Mais depuis quelques années, cette belle mécanique du « modèle standard de la cosmologie » cale. Les observations se font de plus en plus précises. Le modèle standard n'explique plus toutes les nouvelles données, par exemple celles sur l'oscillation acoustique des baryons, fournies par Desi [Dark Energy Spectroscopic Instrument, lire p. 42]. Il est soit en accord avec les données des époques primordiales, soit avec celles des époques tardives, mais pas les deux ! Pour tenter de résoudre le problème, les cosmologistes sont de plus en plus nombreux à envisager que la densité d'énergie sombre de l'Univers ait pu varier avec le temps. Kevin Croker (université d'Arizona) et ses collègues pensent même savoir pourquoi : à la source de l'énergie sombre, il y aurait les trous noirs...

La physique à la rescousse

Le concept d'une énergie sombre dont la densité varie existe depuis au moins les années 1960. On peut le mettre en œuvre de deux manières. La pre-



Kevin Croker, de l'Université d'Arizona, propose un scénario dans lequel la formation des trous noirs produit de l'énergie sombre.
Courtesy K. Croker

La matière ordinaire qui s'effondre en trou noir retrouve les conditions des tout premiers instants de l'Univers

mière est de considérer une forme mathématique de cette variation, sans se soucier d'une explication physique. C'est ce que font, par exemple, les scientifiques de Desi. Ce type d'ajustement purement mathématique est utile pour montrer que les observations sont mieux reproduites avec une densité d'énergie sombre qui varie plutôt qu'une constante, mais il n'explique rien. Il ne dit pas la nature ou l'origine de l'énergie sombre.

La deuxième voie consiste à chercher au contraire le processus physique dont celle-ci pourrait dépendre, sans a priori sur son comportement. C'est celle choisie par l'équipe de Kevin Croker, qui est allé creuser du côté des trous noirs. Mais pas n'importe lesquels... Habituellement, un trou noir possède une singularité, c'est-à-dire un centre où la densité d'énergie devient infinie. Une telle chose ne peut exister dans la nature — on l'accepte faute de mieux, comme une conséquence des équations, que l'on comprendrait mal — et de nombreuses équipes travaillent à gommer cette singularité. Les trous noirs envisagés par l'équipe de Kevin Croker, justement, ne possèdent pas de singularité, mais ils sont tapissés d'énergie sombre ! Par quel miracle ? Il faut revenir dans la 10^{-32} première seconde de l'Univers pour le comprendre.

Dans ce temps infime, selon l'hypothèse assez largement partagée de l'inflation cosmique, le

cosmos aurait connu une première phase accélérée d'expansion, gigantesque, grâce à une forme d'énergie sombre nommée inflaton. Très rapidement, celui-ci aurait muté pour donner naissance à la matière ordinaire que nous connaissons, décélérant ainsi l'expansion de l'Univers. Quel rapport avec les trous noirs et l'énergie sombre actuelle ? Le voici : selon Croker et ses collègues, lorsque la matière ordinaire s'effondre en trou noir, ou est avalée par un tel astre, elle retrouve les conditions de ces premiers instants de l'Univers et se retransforme en énergie sombre.

Confinée dans les trous noirs

« Il existe aujourd'hui de nombreux modèles spéculatifs de trous noirs non singuliers. Une caractéristique commune à beaucoup d'entre eux est une région centrale en expansion accélérée », précise Valerio Faraoni, de l'université Bishop (Québec). Ainsi, l'énergie sombre de l'Univers serait confinée dans les trous noirs. « Dans cette vision, les trous noirs ne sont plus ces astres vides et isolés qu'on imagine. Ils contiennent de l'énergie, de la pression et des contraintes qui contribuent au bilan énergétique global de l'Univers », reprend le chercheur. En effet, malgré ce confinement de l'énergie sombre, à l'échelle cosmologique, l'ensemble des trous noirs est semblable à un gaz présent dans tout l'Univers, en interaction avec la matière ordinaire, et qui fait accélérer son expansion.

Pour confronter cette idée générale aux observations, il faut faire des hypothèses supplémentaires. L'une d'elles est que l'énergie sombre est une énergie du vide en interaction avec la matière ordinaire (puisque l'une naît de l'autre). Établir le lien entre l'énergie sombre et l'énergie du vide n'a rien de révolutionnaire — c'est ce que fait le modèle standard de la cosmologie. En revanche, la faire interagir avec la matière ordinaire conduit à une nouvelle propriété intéressante : sa densité varie avec le temps. « La densité totale d'énergie sombre qui est distribuée dans les trous noirs

Les trous noirs stellaires jouent un plus grand rôle dans l'expansion cosmique que les trous noirs supermassifs, assure Gregory Tarlé.

© U-M College of Literature, Science, and the Arts

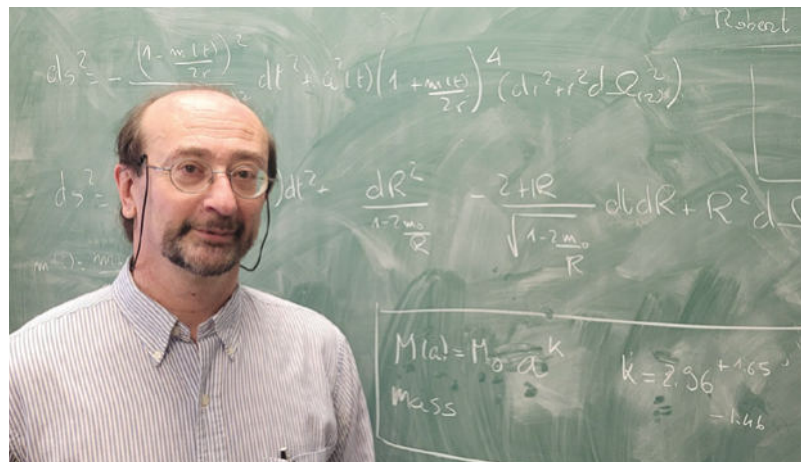


augmente avec l'expansion de l'Univers », décrit Gregory Tarlé (université du Michigan), qui a participé à l'étude. En effet, puisque la production d'énergie sombre dépend de l'effondrement d'un astre en trou noir, elle dépend du taux de formation d'étoiles : plus il y a d'astres, plus il y a de trous noirs, et plus il y a de trous noirs, plus il y a d'énergie sombre ! « *Les trous noirs de masse intermédiaire et supermassif, qui ne naissent pas de l'effondrement d'étoiles, sont aussi à prendre en compte, mais leur densité d'énergie sombre globale est négligeable devant celle des trous noirs stellaires* », poursuit Gregory Tarlé.

Pas d'expansion accélérée sans étoiles

Le lien entre la densité d'énergie sombre et la formation des étoiles est l'une des clefs du succès de cette idée. Avant que les étoiles ne se forment, il n'y a ni trou noir ni donc énergie sombre et ce modèle d'Univers s'accorde avec les observations du rayonnement de fond cosmologique aux époques primordiales. Quand les étoiles apparaissent, les trous noirs aussi et avec eux l'énergie sombre, qui modifie l'expansion de l'Univers. Voilà qui explique les observations des époques tardives. Un seul paramètre intervient pour tout expliquer : le taux de formation de trous noirs par rapport au taux de formation d'étoiles. « *Afin de produire suffisamment d'énergie sombre pour expliquer les observations, nous avons calculé que, pour chaque étoile créée avec 1 masse solaire, l'équivalent d'un trou noir d'une masse de 1,31 soleil doit également être produit*, raconte Kevin Croker. *C'est trois fois plus grand que ce que l'on attendait, mais le modèle n'est en désaccord avec aucune observation.* »

Cette conversion de la matière ordinaire en énergie sombre lors de la formation des trous noirs n'est pas la seule vertu de l'hypothèse de Kevin Croker et de ses collègues. Elle permet d'expliquer pourquoi la quantité de matière ordinaire que l'on détecte aux époques primordiales est supérieure que celle que l'on recense à notre époque. Où est-elle passée ? D'après l'équipe, elle a été transformée en énergie sombre dans des trous noirs. Mieux, elle tranche un houleux débat à propos de la valeur de la constante de Hubble, qui quantifie la vitesse d'expansion de l'Univers aujourd'hui. Avec le modèle standard, les observations de l'Univers pri-



mordial donnent une valeur d'environ 67 km/s/Mpc (autrement dit, à chaque seconde, 1 mégaparsec grandit de 67 km) et celles des époques tardives de l'ordre de 73 km/s/Mpc.

Une différence nette, compte tenu de la précision sur cette mesure, qui est l'un des grands problèmes de la cosmologie. Or, avec une énergie sombre sous forme de trous noirs, la valeur converge à 70 km/s/Mpc. La conversion de la matière ordinaire permet à l'accélération de l'expansion de l'Univers de commencer plus tôt, ce qui conduit à une valeur supérieure à 67 aujourd'hui, tout en étant acceptable pour les données de l'Univers primordial et tardif. Enfin, ce nouveau type d'énergie sombre résout le problème des neutrinos. Ce sont des particules très légères dont il n'existe que trois sortes. Seule la somme de leurs masses est connue. Avec les données de Desi, le modèle standard prédit une somme bien trop basse par rapport aux contraintes observationnelles. Pas le modèle de l'équipe de Kevin Croker.

Pour le valider définitivement, « *l'étape suivante sera de vérifier qu'il reproduit de manière détaillée les observations du rayonnement de fond cosmologique*, indique le chercheur. *Il y aura aussi un travail théorique à effectuer sur les trous noirs, afin de savoir comment ils évoluent sur de longues périodes, de plusieurs milliards d'années.* » Et c'est là un point crucial. Si d'hypothétiques trous noirs remplis d'énergie sombre expliquent de nombreuses observations, il faut désormais d'autres observations pour prouver qu'ils existent réellement, et il faut préciser leurs propriétés ! Espérons qu'il ne faudra pas attendre trente ans de plus. ☺

Selon certaines théories, « les trous noirs ne sont plus ces astres vides et isolés qu'on imagine », explique Valerio Faraoni, de l'Université Bishop (Québec). DR

VIVIAN POULIN

« LE MODÈLE COSMOLOGIQUE ACTUEL N'EST PAS LE FIN MOT DE L'HISTOIRE »

La crise de la cosmologie ? Il est né avec. Vivian Poulin, 33 ans, étoile montante de sa discipline, s'est fait une spécialité de l'étude des fissures apparues dans la version moderne de la théorie du big bang. Il en est convaincu : si le nouveau mystère de l'expansion cosmique révélé par Desi ouvre bien une brèche, c'est vers une meilleure compréhension de l'Univers.

Propos recueillis par David Fossé



Le cosmologiste Vivian Poulin est chargé de recherche au CNRS, dont il a obtenu la médaille de bronze en 2023. © D. Fossé/Ciel & Espace

Auteur en 2017 d'une thèse remarquée⁽¹⁾, lauréat en 2022 d'une ERC Starting Grant (bourse européenne de 1,5 M€ sur cinq ans), médaille de bronze du CNRS en 2023, prix Jacques Herbrand de l'Académie des sciences la même année : à seulement 33 ans, Vivian Poulin s'est déjà fait un nom en cosmologie. Spécialiste de l'étude des tensions et autres fissures apparues depuis dix ans dans le modèle Λ CDM, la version la plus aboutie à ce jour de la théorie du big bang, il porte un regard aiguisé sur les résultats si surprenants de l'expérience Desi. Nous l'avons rencontré dans son bureau du laboratoire Univers et particules de Montpellier.

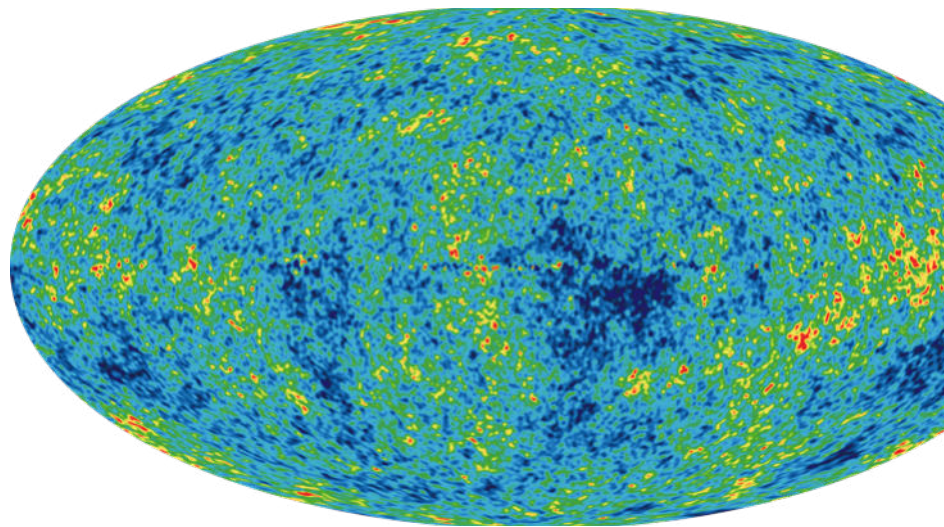
L'expérience Desi semble indiquer que l'expansion de l'Univers n'a pas eu lieu comme on l'imaginait.

Comment avez-vous accueilli cette nouvelle ?

Vivian Poulin : À vrai dire, les mesures sur les supernovas lointaines étaient déjà en léger désaccord avec le modèle d'expansion construit sur la base des données du satellite Planck, qui lui observait le fond diffus cosmologique [première lumière de l'Univers émise 380 000 ans après le big bang, NDLR]. Avec Desi, la tension est plus nette, plus convaincante, car elle repose sur la mesure des BAO [oscillations acoustiques des baryons, lire p. 45]. C'est une méthode plus simple que la mesure des distances des supernovas. Cela conforte l'idée, en tout cas, qu'il y a un problème avec le modèle cosmologique.

L'équipe de Desi explique ses données par une variation de l'énergie sombre dans le temps... Est-ce qu'il y a d'autres pistes ?

Oui, et nombreuses ! On peut les rassembler en deux grandes classes de solutions. La première réunit toutes celles qui agissent sur l'expansion de l'Univers : énergie sombre dynamique (privilegiée par l'équipe de Desi), énergie sombre qui interagit avec la matière noire, Univers courbe [dans le modèle Λ CDM, l'Univers est considéré comme géométriquement plat, la somme des angles d'un triangle y vaut toujours 180°, NDLR], etc. La seconde classe de solutions, elle, regroupe toutes celles qui modifient l'Univers primordial. On y trouve des modèles qui changent la masse de l'électron, ou introduisent des champs magnétiques primordiaux, ou imaginent



qu'une énergie sombre précoce a produit une expansion de l'Univers avant l'émission du fond diffus cosmologique... La première classe de modèles fait un peu mieux que la seconde pour expliquer les résultats de Desi. Par contre, la deuxième réduit aussi la tension de Hubble, là où la première a tendance à l'augmenter !

Pouvez-vous rappeler ce qu'est la tension de Hubble ?

C'est la tension qui a suscité le plus d'intérêt jusqu'à présent en cosmologie. Elle concerne le taux d'expansion de l'Univers aujourd'hui, que l'on nomme *paramètre de Hubble*, ou H_0 . Il y a deux méthodes principales pour le mesurer et, là encore, elles ne donnent pas la même valeur. La première utilise le fond diffus cosmologique, donc une image de l'Univers 380 000 ans après le big bang, et le modèle Λ CDM pour prédire la valeur du taux d'expansion actuel. La seconde consiste à déterminer la vitesse de récession des galaxies, emportées par l'expansion, et à les comparer à leur distance. C'est la méthode historique, celle d'Edwin Hubble lui-même. Elle est a priori plus directe, car elle ne dépend pas d'un modèle cosmologique ou un autre. Sauf que mesurer des distances avec fiabilité est difficile... En tout cas, aujourd'hui, il y a un désaccord très net entre les résultats issus de ces deux méthodes. Il faut le prendre au sérieux, car il y a d'autres tensions qui pointent... Par exemple, on en parle moins, mais les données de Desi sont aussi en désaccord avec ce que l'on sait sur la masse des neutrinos⁽²⁾. De même, si l'on en croit un autre

Le rayonnement micro-onde de l'Univers, ou fond diffus cosmologique, est le socle sur lequel s'est bâti le modèle Λ CDM, la version moderne de la théorie de big bang.

© NASA / WMAP
Science Team



L'observation de la distribution des galaxies aujourd'hui semble raconter une histoire de l'Univers légèrement différente de celle qui découle du modèle Λ CDM. L'indice d'une révolution à venir ?

© Nasa, ESA, CSA, STScI

relevé de galaxies, DES (Dark Energy Survey), les écarts de densité de matière à grande échelle sont moins marqués qu'ils ne devraient. L'Univers est légèrement moins grumeleux que prévu...

Il est probable que tous ces désaccords ne se valent pas. Quelle tension cosmologique vous paraît la plus sérieuse ?

Pas facile ! J'ai consacré beaucoup de temps à la tension de Hubble, donc bien sûr, j'aimerais vraiment qu'elle se confirme. Mais si je prends un peu de recul, je pense que les cosmologistes en général parieraient plutôt sur celle qui émerge des données de Desi, sur l'énergie sombre. Même si elle est plus faible statistiquement, les gens accordent plus de crédit à ce qui se passe avec Desi parce que leur méthode paraît plus fiable, mieux contrôlée que celle qui s'appuie sur les supernovas.

La vérité, c'est que j'espère que toutes les tensions se confirmeront, et même qu'il en apparaîtra d'autres ! Pour moi, ces « tensions », ce sont des indices, des opportunités. D'ailleurs, on ne devrait pas utiliser cette expression pour désigner des valeurs qui s'écartent des prédictions du modèle Λ CDM. On devrait juste dire « des déviations ». Le terme de tension suggère qu'on parle d'anomalies par rapport à un modèle qui serait la vérité. Or, Λ CDM n'est pas le fin mot de l'histoire. Rappelons qu'on ne sait ni ce qui se cache exactement derrière ce « Λ », ni derrière ce « CDM ».

Vous prenez ces tensions très au sérieux, mais ce n'est pas le cas de tout le monde. Pour certains cosmologistes, elles s'effaceront avec le temps comme d'autres avant elles, et le modèle actuel en sortira renforcé...

C'est vrai, j'ai été bercé par le fait qu'il y avait de grands mystères à résoudre en cosmologie alors que, peut-être, les générations qui ont établi le modèle actuel à partir des observations du fond diffus cosmologiques ont plutôt vécu leur carrière dans l'état d'esprit inverse, tout s'expliquant de mieux en mieux. Aujourd'hui encore, le fond diffus cosmologique est ce qui a été le plus étudié à la fois sur le plan théorique et observationnel. Son accord avec Λ CDM ne montre pas de signe de faiblesse et c'est peut-être aussi pour ça que les anciennes générations de cosmologistes ne sont pas forcément excitées par les tensions qui apparaissent avec les supernovas ou les BAO. Mais rien ne nous dit qu'avec des données encore plus précises que celles de Planck, on ne trouvera pas des choses qui s'écartent du modèle canonique... En prenant les tensions au sérieux, alors qu'elles sont encore faibles, je cours le risque de les voir s'évanouir d'elles-mêmes. Mais si elles se confirment, le pari que je fais avec d'autres nous aura fait gagner cinq ans sur ceux qui auront attendu ! Et puis, c'est une façon d'explorer beaucoup de pistes nouvelles.

Au risque de se perdre dans le maquis des modèles ? Les explications proposées aux tensions actuelles vont dans tous les sens, comme si la communauté des cosmologistes était déboussolée...

La période actuelle est un peu particulière, avec énormément de nouveaux problèmes qui apparaissent dans les données. Mais ils sont liés au niveau de précision atteint dans les mesures, qui fait émerger des choses qu'on ne pouvait pas voir avant. C'est un signe de vitalité ! Toutes ces nouvelles données sont la conséquence d'énormes investissements dans nos moyens d'observation. Et ça n'est pas fini : j'attends avec impatience les premières conclusions du satellite Euclid sur l'énergie sombre à la fin 2026, les nouvelles analyses de Desi qui devraient tomber au même moment, les futures conclusions du programme Zwicky Transient Facility, qui recense les supernovas lointaines [depuis l'observatoire du mont Palomar, NDLR], et celles du Simons Observatory, qui étudie le fond diffus cosmologique depuis les Andes. C'est vrai, comme on n'a pas de solution sous la main pour expliquer les



tensions et que les théoriciens sont par ailleurs très créatifs, les propositions partent un peu dans tous les sens. Mais, en réalité, les modèles qui sont réellement intéressants, qui peuvent être testés ou confrontés aux données, ne sont pas si nombreux.

Projetons-nous en 2050. Il n'y a plus de problèmes en cosmologie, tout est rentré dans l'ordre. Est-ce parce que toutes les tensions se sont résorbées d'elles-mêmes, ou parce qu'on a transformé la physique ?

En 2050, on aura probablement mesuré toutes les caractéristiques du fond diffus cosmologique avec une très grande précision, on aura cartographié la distribution de l'intégralité des galaxies jusqu'à plusieurs milliards d'années dans le passé, on connaîtra la distribution et la température de l'hydrogène atomique jusqu'aux âges sombres de l'Univers... J'espère qu'on en aura tiré quelque chose de nouveau sur la nature profonde de l'Univers. Avec tout ce qu'on aura appris, personne ne pourra se satisfaire qu'on en soit encore au modèle actuel ! ☺

Le Dark Energy Survey a été mené entre 2013 et 2019 depuis l'observatoire du Cerro Tololo (Chili). Ce relevé céleste a identifié des variations de densité de matière à grande échelle inférieure aux prédictions.

© NOAO/AURA/NSF

(1) Prix Daniel Guinier 2017 de la Société française de physique et prix de thèse 2018 de l'université Grenoble Alpes.

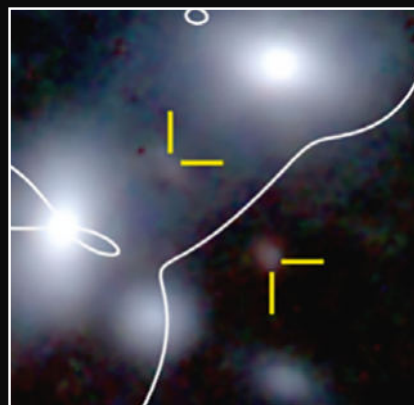
(2) Petites particules neutres produites lors des réactions nucléaires, par exemple dans les étoiles, ou au moment du big bang.

QUÊTE DES PREMIÈRES ÉTOILES : LES ASTRONOMES TOUCHENT AU BUT

Théorisées dans la deuxième moitié du xx^e siècle, traquées par les plus puissants télescopes spatiaux, les premières étoiles de l'Univers sont dans le viseur des astronomes. Cette quête de plusieurs décennies serait en passe d'aboutir grâce au JWST. Certaines de ses images semblent bel et bien abriter ces astres primordiaux.

Mathis De Géo

Il y a bien longtemps, dans une galaxie lointaine, très lointaine... brillaient peut-être des astres appartenant à la toute première génération d'étoiles. C'est en tout cas ce que suggèrent deux points d'à peine quelques pixels sur une image bruitée du télescope spatial James Webb (JWST). Imperceptibles pour un œil non averti, ils pourraient renfermer un Graal que les astronomes cherchent depuis des décennies : la trace des premières étoiles de l'Univers. Dénommée Amore 6, la galaxie qui en est à l'origine a été identifiée par Takahiro Morishita, du California Institute of Technology. Sa découverte a été annoncée en juillet 2025. « Il s'agit d'une galaxie de faible masse, très peu lumineuse, que l'on aurait ratée habituellement, décrit Takahiro Morishita. Mais nous



Ces deux points flous sont l'image amplifiée et déformée d'une galaxie très lointaine, Amore 6, repérée sur une photo du JWST de l'amas de galaxies Abell 2744. © Nasa/ESA/CSA

L'allumage des premières étoiles aurait eu lieu seulement 100 à 200 millions d'années après le big bang

avons été très chanceux, car elle se situe derrière un gros amas de galaxies appelé Abell 2744, qui, à la manière d'une loupe, amplifie l'image d'Amore 6 d'un facteur 80 par effet de lentille gravitationnelle. » L'astrophysicien soupçonne les étoiles qui constituent Amore 6 d'appartenir à un groupe très particulier encore jamais observé à ce jour : les étoiles de population III.

« *Il s'agit des toutes premières étoiles créées dans l'Univers à partir du gaz primordial* », explique Nicolas Laporte, du Laboratoire d'astrophysique de Marseille. Ce gaz issu de la nucléosynthèse post-big bang n'était composé que de trois éléments : l'hydrogène (72 %), l'hélium (28 %) et des traces de lithium. « *Cela a grandement influencé les propriétés physiques des premières étoiles, et donc la manière de les détecter* », ajoute le chercheur. Car une étoile se forme quand le gaz environnant s'accumule et se contracte sous son propre poids en un cœur dense et chaud. Dans les étoiles actuelles, ce cœur est refroidi par les « métaux » — c'est-à-dire, dans le jargon des astronomes, les éléments chimiques plus lourds que l'hydrogène et l'hélium (oxygène,

carbone, azote...). Les métaux évacuent l'énergie par rayonnement. « *En leur absence, la température du cœur augmente de façon continue, et le gaz s'accrète jusqu'à l'enclenchement des réactions thermonucléaires. Ces étoiles sont donc très grosses et très chaudes* », explique Nicolas Laporte. Elles seraient typiquement plusieurs centaines de fois plus massives que le Soleil. Certaines pourraient même atteindre 100 000 masses solaires, selon des modèles. De véritables monstres comparés à R136a1, l'étoile la plus massive connue, qui « pèse » environ 290 masses solaires.

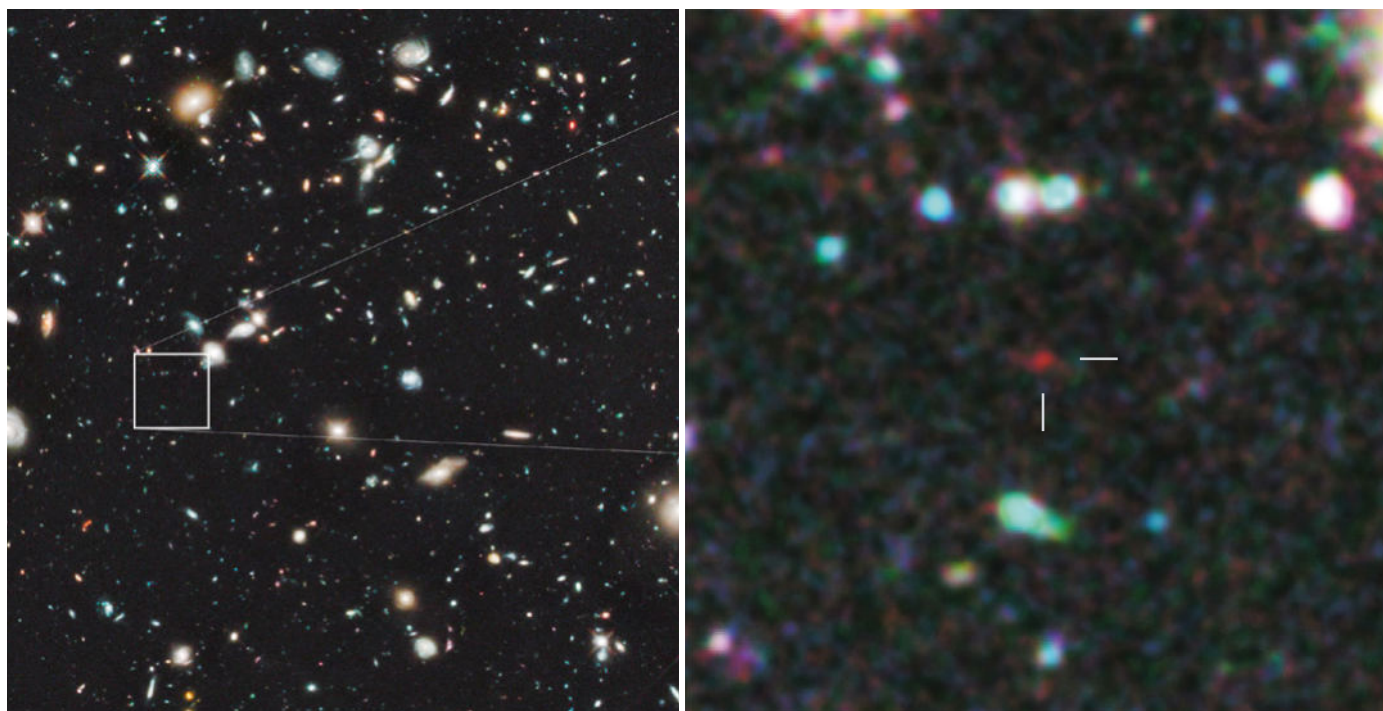
La fin des âges sombres

Mais surtout, les étoiles de population III sont particulièrement anciennes. L'Univers était dépourvu d'étoiles pendant les premiers 100 millions d'années de son histoire. Bien que la matière se soit organisée en atomes neutres en un demi-million d'années, la naissance d'étoiles n'a pas eu lieu tout de suite. Au fur et à mesure que l'Univers refroidissait, la gravité a rassemblé peu à peu la matière noire en halos. Ces halos de matière noire ont permis de capter et de condenser le gaz de matière ordinaire et de lancer ainsi la formation des premières étoiles. L'apparition de celles-ci marque la fin de ce que les cosmologistes appellent les âges sombres, caractérisés par l'absence de sources lumineuses dans l'Univers. « *L'allumage de ces premières étoiles a dû avoir lieu 100 à 200 millions d'années après le big bang* », avance Hakim Atek, de l'Institut d'astrophysique de Paris. Soit il y a 13,6 à 13,7 milliards d'années. « *Cela correspond à un redshift [décalage vers le rouge des raies spectrales des astres, qui est une mesure de leur distance, NDLR] entre 20 et 30* », précise le chercheur, c'est-à-dire une époque où l'Univers était entre 20 et 30 fois plus petit qu'aujourd'hui.

Le pic de formation des étoiles de population III aurait eu lieu à des redshifts compris entre 15 et 20. « *Problème : jusqu'à il y a peu, le meilleur outil à notre disposition, le télescope spatial Hubble, ne pouvait sonder l'Univers qu'à un redshift maximal de 12* », rappelle Nicolas Laporte. L'objet le plus lointain découvert par Hubble est ainsi la galaxie UDFj-39546284, située à un redshift de 11,9, qui ne comporte pas d'étoiles primordiales. Cela n'a pas empêché d'en chercher la trace pendant plusieurs décennies, dans les champs profonds

Pour Takahiro Morishita, la galaxie Amore 6 découverte grâce au JWST est composée de la première génération d'étoiles à s'être allumées dans l'Univers. DR





d'Hubble ou avec d'autres télescopes de pointe, comme le VLT situé au Chili. Pourquoi ? « Car on est à peu près sûr que des poches de gaz primordial ont subsisté bien après le big bang », répond Nicolas Laporte. Des étoiles de population III dépourvues de métaux auraient donc pu continuer à se former plusieurs centaines de millions d'années après le big bang.

Très pauvres en métaux

Encore faut-il parvenir à les identifier, ce qui n'est pas une mince affaire. « Débusquer des étoiles individuelles est très compliqué. Du coup, on tente plutôt d'observer la signature de ces étoiles dans des galaxies », explique Hakim Atek. Leur ancienneté, donc leur distance, est un obstacle majeur : leur luminosité apparente est extrêmement faible. Une équipe de l'université du Texas à Austin a calculé en 2020 qu'il faudrait un instrument sensible jusqu'à la magnitude 39 pour les détecter, soit plus de 1000 fois plus sensible que Hubble. Et surtout, cela nécessite beaucoup de chance. « Les étoiles primordiales sont très grosses. Elles consomment énormément de gaz et meurent très vite. Leur durée de vie estimée est d'à peine 5 à 10 millions d'années », pointe Nicolas Laporte. « Or, quand une étoile brûle

son hydrogène, elle synthétise d'autres éléments plus lourds. Les étoiles de population III commencent à former de l'oxygène, de l'azote et du carbone en à peine 1 million d'années », poursuit Hakim Atek. En s'enrichissant en éléments lourds, elles perdent leur caractéristique principale : l'absence de métaux dans leur composition.

Or, c'est cette signature que l'on traque dans

Le regard du télescope spatial Hubble ne porte pas assez loin pour débusquer les étoiles primordiales. Une de ses proies les plus distantes, la galaxie UDFj-39546284 (en rouge ci-dessus), en est dépourvue.
© Nasa/ESA/G. Illingworth/
R. Bouwens/HUDF09 Team



Les premières étoiles, très grosses, ont eu une durée de vie très courte d'à peine 5 à 10 millions d'années, estime Nicolas Laporte. Une difficulté supplémentaire pour les trouver. DR



On cherche des raies intenses de l'hydrogène, car les étoiles primordiales, très massives, sont supposées chauffer le gaz encore davantage que les étoiles classiques, précise Hakim Atek. DR

la lumière des galaxies les plus lointaines. « *Les étoiles de population III ne doivent comporter que de l'hydrogène et de l'hélium. On ne veut donc voir que les raies d'émission de ces éléments dans le spectre des galaxies candidates* », note Nicolas Laporte. « *On cherche des signatures fortes de l'hydrogène, comme les raies bien connues Lyman alpha ou H alpha et H bêta [issues des transitions électroniques de l'hydrogène, NDLR], car les étoiles primordiales étant particulièrement massives, elles sont supposées chauffer le gaz encore davantage que les étoiles classiques*, précise Hakim Atek. *En revanche, toute signature de l'oxygène doit être absente des étoiles de population III, alors que c'est l'élément lourd le plus abondant dans les étoiles classiques.* »

La chasse au bon spectre

Obtenir un spectre de qualité d'une galaxie susceptible de renfermer des étoiles primordiales n'est pas chose aisée, et les faux positifs sont pléthores. C'est le cas de CR7, par exemple, une galaxie découverte en 2015 par le VLT, située à un redshift de 6,6 (ce qui correspond à un âge de 12,9 milliards d'années), et initialement interprétée comme contenant des étoiles de population III. Après avoir fait couler beaucoup d'encre dans la presse spécialisée, des observations complémentaires ont révélé finalement la forte présence d'oxygène. CR7 hébergerait donc plutôt un noyau actif de galaxie ou des étoiles plus récentes déjà enrichies en métaux. Sans observations fiables, il reste difficile de contraindre

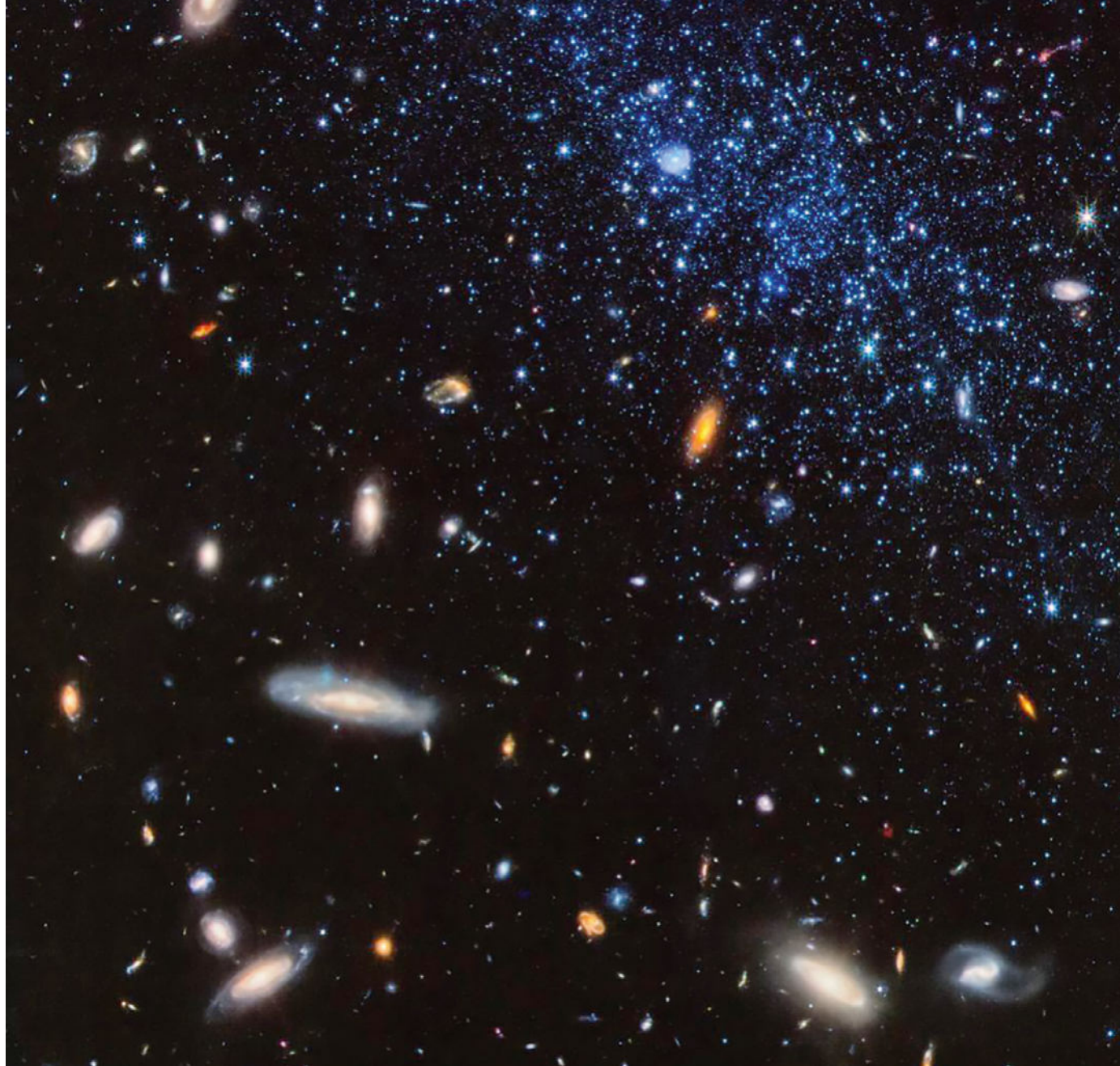
précisément les caractéristiques des étoiles de population III. On sait par exemple que, si elles existent, les étoiles primordiales de moins de 0,8 masse solaire ont pu survivre jusqu'à aujourd'hui. Cependant, aucune n'a encore été trouvée.

Autre question non résolue : quel rôle ont joué les étoiles de population III dans la réionisation de l'Univers, cette période où les premières sources lumineuses ont ionisé l'hydrogène neutre environnant ? « *Ces premières étoiles ont certes réionisé l'hydrogène neutre, mais leur rôle a sans doute été minime, car leur durée de vie est très courte* », reconnaît Nicolas Laporte. Mais sans connaître précisément leur densité à différents redshifts, impossible de quantifier leur impact face aux autres sources de la réionisation, comme les galaxies de faible masse ou les trous noirs supermassifs.

Un nouvel espoir avec le JWST

Après des décennies de recherches infructueuses, l'espoir renaît depuis que le télescope spatial infrarouge James Webb est entré en service en 2022. « *C'est une révolution, s'enthousiasme Hakim Atek. Ce qui change avec le JWST par rapport aux précédents instruments, c'est sa sensibilité et sa fenêtre spectrale. Pour la première fois, on peut faire de la spectroscopie dans l'infrarouge à de très grandes distances !* » Ce sont bien ces longueurs d'onde qui intéressent les astronomes. Certes, les étoiles primordiales étant très chaudes, elles émettent fortement dans l'ultraviolet. Mais le rayonnement qui nous parvient est décalé dans l'infrarouge à cause de la grande distance qui nous en sépare.

Cette fois, l'espoir semble permis. Le nom sur toutes les lèvres : Amore 6, nouvelle galaxie candidate dévoilée en 2025 par Takahiro Morishita. Cette galaxie à redshift 5,725 affiche une extrême pauvreté en métaux. Aucune trace d'oxygène n'y a été repérée malgré la sensibilité remarquable du JWST. Un résultat qui en ferait de loin « *l'objet le plus primordial découvert à ce jour [...] présentant des propriétés exceptionnelles indiquant la formation d'étoiles primordiales massives* », selon l'étude. Takahiro Morishita nous précise : « *Amore 6 est vraiment unique à plusieurs égards. C'est une galaxie très jeune, âgée de seulement quelques millions d'années. Elle a une très faible masse, une couleur très bleue indiquant des étoiles très massives et jeunes en formation, et elle est isolée entre deux surdensités galactiques.* »



Sa sensibilité et sa vision infrarouge donnent un net avantage au télescope James Webb pour débusquer les galaxies les plus anciennes et analyser la lumière de leurs étoiles. © Nasa, ESA, CSA, Kristen McQuinn (STScI)

1, 2, 3, SOLEILS

La chose est peu intuitive : les étoiles de population III sont les premières étoiles apparues dans l'Univers. Elles sont composées des éléments chimiques disponibles à cette époque lointaine. Soit principalement les deux atomes les plus légers : l'hydrogène et l'hélium. Chez les étoiles, pour durer, il faut être petite. Ces étoiles primordiales, très massives, ont donc eu une vie très brève. D'où la difficulté à les observer aujourd'hui. Leur existence a été théorisée assez récemment, dans

les années 1970, d'où le numéro « III ». Cette catégorie venait s'ajouter aux deux précédentes catégories définies par l'astronome Walter Baade : la population I (étoiles jeunes et riches en « métaux ») et la population II (étoiles plus anciennes et pauvres en métaux). Les métaux sont ici les éléments autres que l'hydrogène et l'hélium (le carbone, l'azote, l'oxygène, etc.) que chaque génération stellaire a synthétisé avant d'en enrichir l'espace lors de leur explosion en supernova. Notre Soleil appartient à la population I, les plus jeunes.

Sijia Cai et son équipe auraient identifié une concurrente d'Amore 6. Mais leur galaxie CR3 est bien plus récente. Elle se serait formée 2 milliards d'années après le big bang... DR



Malgré son âge relativement tardif (1 milliard d'années après le big bang), Amore 6 pourrait donc être située dans une poche de gaz primordial restée vierge d'enrichissement. « *Amore 6 est la meilleure candidate à ce jour, confirme Hakim Atek. Son spectre lumineux correspond à tout ce qu'on attend d'une galaxie composée d'étoiles de population III. La raie Lyman alpha est très intense, avec présence des raies H bêta. À l'inverse, les découvreurs ne détectent pas de signature d'oxygène* », commente le chercheur, qui n'a pas participé à l'étude.

Une galaxie trop jeune

Une concurrente d'Amore 6 a été annoncée dès novembre 2025 par une équipe menée par Sijia Cai (université Tsinghua, Pékin). Nommée CR3, elle a été identifiée grâce au spectrographe NIRSpec du JWST. « *Ses propriétés spectrales semblaient inhabituelles : CR3 présente des raies de l'hydrogène exceptionnellement intenses, tout en étant dépourvue des raies d'émission de l'oxygène*, explique la jeune

chercheuse. *Ce qui en fait une bonne candidate pour être une galaxie primordiale.* » Sur le papier, CR3 ressemble beaucoup à Amore 6, à une différence près : elle est bien plus récente. « *Elle est située à un redshift de 3,19, ce qui correspond à environ 2 milliards d'années après le big bang* », précise Sijia Cai. « *Amore 6 a ma préférence, car son redshift est supérieur à 5, ce qui serait la limite à laquelle des poches de gaz primordial pourraient encore exister, d'après les simulations* », tranche Nicolas Laporte. Mais Sijia Cai maintient : « *CR3 présente les caractéristiques clés attendues : métallicité très faible, absence de poussière, raies intenses de recombinaison de l'hydrogène, et une population stellaire très jeune.* » L'enjeu est maintenant d'obtenir des données plus fines sur ces deux candidates. « *Des observations complémentaires avec le JWST ont été demandées pour Amore 6 afin d'écarter toute trace d'émission d'oxygène* », révèle Hakim Atek.

Des candidates déçues

La prudence reste de mise, car récemment, plusieurs objets prometteurs ont été retoqués. C'est le cas d'une galaxie nommée LAP1, découverte en 2020 au VLT à travers la lentille gravitationnelle de l'amas MACS J0416. LAP1 a été soupçonnée par certains astronomes de contenir des étoiles de population III. « *Le problème, c'est qu'en regardant son spectre, on voit que la raie d'oxygène explose. Elle ne peut donc pas être une hôte de population III. C'est sans doute une étape intervenant juste après* », objecte Nicolas Laporte. « *Grâce aux observations supplémentaires, on a pu vérifier que ces objets ont une métallicité très faible, mais non nulle*, ajoute Hakim Atek. *Ce ne sont pas des hôtes de population III, mais on se rapproche petit à petit du but.* »

L'astrophysicien a vu récemment un candidat qu'il avait codécouvert être lui aussi écarté. Glimpse-16043 est une galaxie perdue dans un champ profond capté par le JWST. « *Elle avait tous les signes d'une population III en apparence, raconte le chercheur. Mais on avait juste de l'imagerie, et pour confirmer, il fallait l'analyser en spectroscopie.* » Et là, déception : « *Elle contenait de l'oxygène.* » Malgré tout, Glimpse-16043 reste intrigante, car son spectre présente un grand saut d'émission entre les ultraviolets et le visible. « *On n'a jamais vu de marche UV-visible aussi grande ! Les modèles ne collent pas à ce que l'on voit. C'est un objet tout à fait inattendu. Nous avons fait des demandes d'obser-*

La présence de l'oxygène trahit des astres déjà issus d'une deuxième génération stellaire

« *variations complémentaires avec le JWST pour l'étudier en détail* », confie le chercheur.

À défaut de pouvoir observer directement les étoiles de population III, les astronomes traquent leurs vestiges. Parmi les indices les plus prometteurs figurent les rapports d'abondance chimique anormaux, comme le rapport azote/oxygène (N/O) mesuré dans certaines galaxies très lointaines. La galaxie GS 3073 présente ainsi un ratio N/O si extrême qu'il pourrait témoigner de l'enrichissement par d'anciennes étoiles primordiales. « *Ces rapports très élevés de N/O, on les trouve de plus en plus dans les galaxies lointaines. On tente d'en comprendre l'origine* », indique Hakim Atek. L'interprétation reste complexe, car d'autres objets comme les étoiles Wolf-Rayet (des astres très massifs en fin de vie) peuvent produire des signatures similaires. « *Mais est-ce qu'elles existent à redshift 14-15 ? On essaie d'appliquer à grand redshift ce qu'on observe dans un Univers plus proche. Or, les mécanismes de formation sont différents* », souligne Nicolas Laporte.

Une fin cataclysmique

Autre piste de détection indirecte : les « supernovas à instabilité de paires ». Ces explosions cataclysmiques surviendraient chez les étoiles de population III les plus massives, au-delà de 150 masses solaires. Elles produiraient des signatures chimiques spécifiques, riches en magnésium, mais pauvres en fer, qui pourraient être détectées dans le milieu intergalactique ou dans les étoiles anciennes de notre propre galaxie. « *On voit des choses qui correspondent à peu près à la variation des courbes de lumière attendue* », avance Hakim Atek. Les données d'archéologie stellaire suggèrent néanmoins que la majorité des étoiles de population III massives sont mortes par effondrement du cœur, un autre type de supernova. La recherche de ces différentes signatures, qu'elles soient chimiques ou explosives, constitue aujourd'hui l'une des quêtes prioritaires du JWST.

La star des télescopes pourrait ne pas suffire malgré sa puissance. « *Le JWST a-t-il la résolution spectrale suffisante pour qu'on soit sûr qu'il n'y a pas de métaux ?* » s'interroge Nicolas Laporte. Les regards se tournent donc vers l'Extremely Large Telescope (ELT), en construction au Chili. Ce nouveau géant devrait entrer en service à partir de 2028. « *L'ELT aura tout ce qu'il faut : un miroir de*

L'Extremely Large Telescope est très attendu des astronomes pour révéler les premières étoiles de l'Univers (vue d'artiste). © Nasa/WMAP Science Team



39 m, des instruments avec des résolutions spectrale et spatiale plus grandes », se réjouit l'astronome. Quel que soit le télescope, les lentilles gravitationnelles joueront sans doute un rôle central. « *On ne pourra pas y échapper*, affirme Hakim Atek. Tous les modèles laissent penser que les étoiles de population III sont très faibles ». Il semble nécessaire d'user du phénomène pour avoir une chance de les observer. Un programme du JWST baptisé Venus prévoit de sonder soixante lentilles différentes. « *Les lentilles n'amplifient pas seulement le flux, mais elles l'étirent aussi. La résolution spatiale est ainsi beaucoup plus précise, comme si l'on zoomait. On va voir des petites régions des galaxies, donc on peut trouver des poches de gaz primordial encore intactes* », espère l'astronome. Et peut-être faire enfin la lumière sur les premières étoiles ? ☺



LE VLT, OBSERVATOIRE 7 ÉTOILES

Le Very Large Telescope s'est enrichi de trois étoiles laser. Désormais, chacun des quatre télescopes de 8,2 m dispose de son système pour décupler les performances. Un changement aisément perceptible sur des photos de nuit !

Jean-Luc Dauvergne

Cette vue du Very Large Telescope européen installé au Chili a des airs de combat de Jedis. Elle montre sept lasers puissants pointés vers le ciel pour former des étoiles artificielles. Trois d'entre eux sont tout nouveaux et ont été installés dans le cadre du projet Gravity+. Les lasers permettent de former des étoiles artificielles dont les déformations sont analysées plusieurs milliers de fois par seconde afin de corriger les effets de la turbulence atmosphérique; de gagner en résolution et de multiplier les cibles accessibles. © Anthony Berdeu

PORTFOLIO

Initialement, seul le télescope Yepun (Unit Telescope 4) était équipé de lasers. Il en compte quatre pour corriger l'image sur le champ large de son instrument principal Muse, capable de prendre des images et des spectres en même temps. La lumière d'UT4 peut aussi être couplée à celles des trois autres télescopes de 8,2 m. Cette réunion permet d'obtenir la résolution d'un télescope de 130 m de diamètre à travers l'instrument Gravity+ capable de combiner les quatre faisceaux lumineux. Dans ce mode, UT4 utilise un seul laser, car le champ observé est très petit. Photos : © Anthony Berdeu





Ci-dessus, les quatre lasers visent simultanément la même direction : la nébuleuse de la Tarentule. Une image sans précédent qui montre les quatre étoiles artificielles formées par excitation d'une couche de sodium de l'atmosphère située vers 90 km d'altitude.

Ci-contre, les quatre télescopes tirent leurs lasers dans la même direction. Ce système est opérationnel depuis novembre 2025. La silhouette à droite est celle du VLT Survey Telescope, un télescope grand champ de 2,5 m de diamètre.

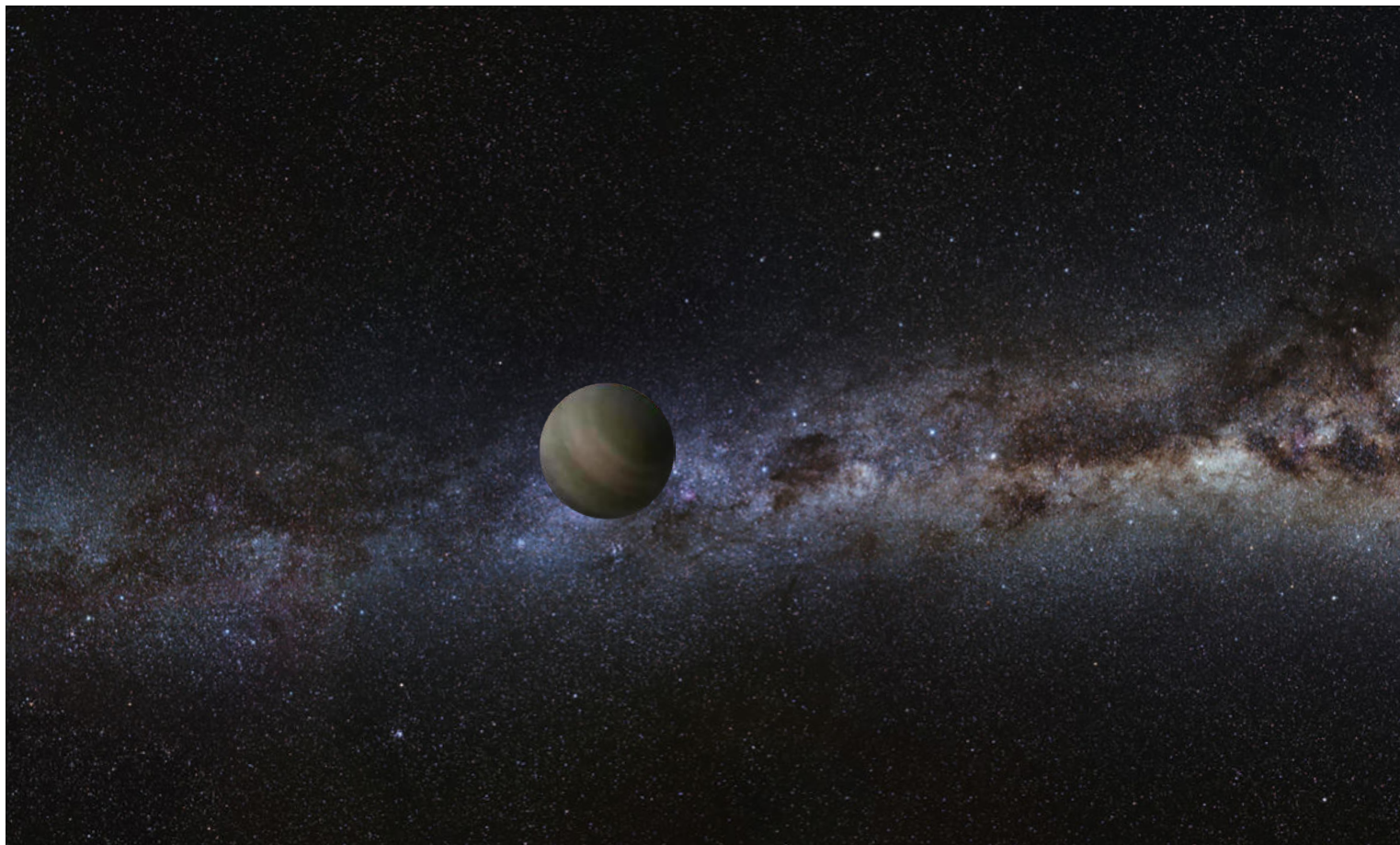
LE BAL DES PLANÈTES FLOTTANTES EST OUVERT !

On se doutait qu'il y avait des planètes sans étoile dans la Galaxie. Mais la preuve formelle de leur existence manquait. C'est chose faite selon une équipe d'astronomes qui, pour cette détection à 10 000 années-lumière de nous, a bénéficié d'un coup de pouce du destin.

Guillaume Langin

Imaginez une planète sans soleil. À sa surface, le froid et l'obscurité règnent sans partage. Quel que soit l'hémisphère que vous arpentez, une myriade d'étoiles se laissent contempler à toute heure. Vous vous trouvez sur une planète flottante, aussi

appelée « planète errante ». Ces objets flânent dans l'espace interstellaire après s'y être formés spontanément ou avoir été expulsés des systèmes planétaires qui les ont vus naître. *« C'est une nouvelle catégorie d'exoplanètes que nous venons d'inaugurer »*



par notre récente découverte ! » Andrzej Udalski et ses collègues ont annoncé le 1^{er} janvier 2026 cette grande première dans la revue *Science*. Le professeur de l'université de Varsovie parle même de « découverte de la décennie ».

Pour la première fois, la masse d'une planète errante a pu être mesurée. Cette information est cruciale. Elle permet justement de confirmer qu'il s'agit... d'une planète. L'astre, qui n'a pas encore été baptisé, pèse à peine 73 % de la masse de Saturne, soit 70 planètes Terre. Impossible à ce compte-là de le confondre avec les plus légères des étoiles, les naines brunes, dont la masse minimale est par convention fixée à 13 fois celle de Jupiter.

Trop petite et trop sombre, la planète errante était invisible. Les astronomes ont pu la dénicher grâce à un moyen détourné, qui découle de la relativité d'Albert Einstein. Tout corps céleste, en raison de sa masse, déforme l'espace autour de lui. Aussi, lorsqu'une planète solitaire passe exactement

devant une étoile située dans le fond du ciel, la déformation de l'espace qu'elle engendre tord les rayons lumineux issus de l'étoile lointaine. Cet effet de lentille gravitationnelle dessine dans le ciel un « anneau d'Einstein ». Celui-ci est tout petit. Cependant, il se traduit par une augmentation d'éclat de l'étoile bien caractéristique et passagère dans l'œil des télescopes des programmes Ogle (Optical Gravitational Lensing Experiment) et KMTNet (Korean Microlensing Telescope Network). Problème : un gros astre errant très lointain produit exactement le même effet qu'une petite planète très proche. Il est à ce stade impossible de connaître la masse de l'objet sans avoir une idée de sa distance.

« Une chance sur 300 »

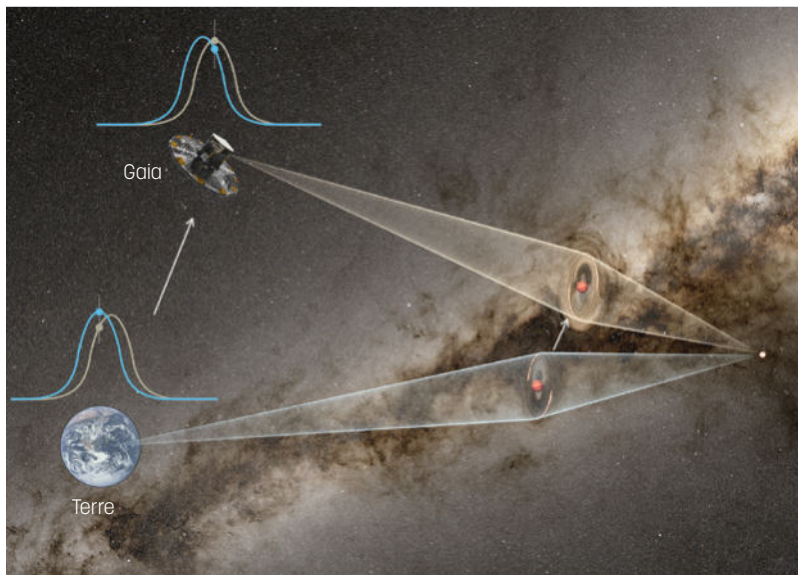
C'est là qu'est intervenue une belle part de chance ! « Les télescopes nous ont alertés de la détection le 3 mai 2024, raconte Dong Subo, leader de l'étude à l'université de Pékin. Nous avons immédia-

Par chance, le télescope Gaia aussi détecté la planète errante 2 heures plus tard !



Par millions, voire par milliards, des planètes solitaires naviguent dans la Galaxie, loin de tout soleil. À l'université de Varsovie, l'astronome Andrzej Udalski traque ces astres errants en se basant sur la théorie de la relativité d'Einstein.

© O. Hadasava/C&E et Michał Jędrak



Mesurées depuis deux observatoires séparés de 2 millions de kilomètres, les fluctuations de l'espace-temps ont permis de mesurer la distance, et donc la masse de la planète errante ! © J. Skowron/OGLE

tement consulté le programme d'observation de Gaia. » Par bonheur, ce satellite européen visait exactement la même région du ciel au même moment. Mieux, l'instrument a lui-même vu l'étoile scintiller, déclenchant son système d'alerte et rendant publiques ses observations dès l'été suivant. À six reprises en moins de 18 heures, Gaia a déterminé l'éclat de l'étoile et ses variations. « Il y avait une chance sur 300 d'avoir accès à pareille mesure de la part de Gaia », calcule Dong Subo. « Notre niveau d'excitation a culminé quand on a constaté que le même événement avait été vu depuis l'espace, juste après les télescopes au sol », se souvient Andrzej Udalski. En étant situé à presque 2 millions de kilomètres de la Terre, Gaia a vu les effets du même anneau d'Einstein, mais avec deux heures de retard. Ce délai temporel a permis d'élucider la distance, et donc la masse de la planète errante, moyennant quelques opérations trigonométriques.

Planète éjectée

« Sans aller jusqu'à parler de découverte de la décennie, c'est une belle détection ! » commente Jonathan Gagné (université de Montréal), qui n'a pas participé à l'étude. Ce spécialiste tient à jour un catalogue d'objets de masse (potentiellement) planétaire, aussi appelés « planémos » pour « planetary mass objects ». Ceux-là ont été repérés par une

autre méthode plus directe : l'imagerie. Son équipe vient d'identifier 53 nouveaux candidats portant le total à 101. Pour apparaître en photo, ces astres doivent être suffisamment jeunes et chauds. Mais également massifs. Les plus puissants télescopes ne parviennent pas à en trouver de masse inférieure à 10 Jupiter environ. Cela suggère qu'ils pourraient plutôt se former comme les étoiles, par l'effondrement d'un nuage de matière sur eux-mêmes. « Là, on a affaire à un petit astre qui a sans doute été expulsé de son système planétaire », déduit Jonathan Gagné. Dans notre Système solaire, on suppose qu'une cinquième planète géante a pu être éjectée dans le passé, soumise aux effets gravitationnels de Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune.

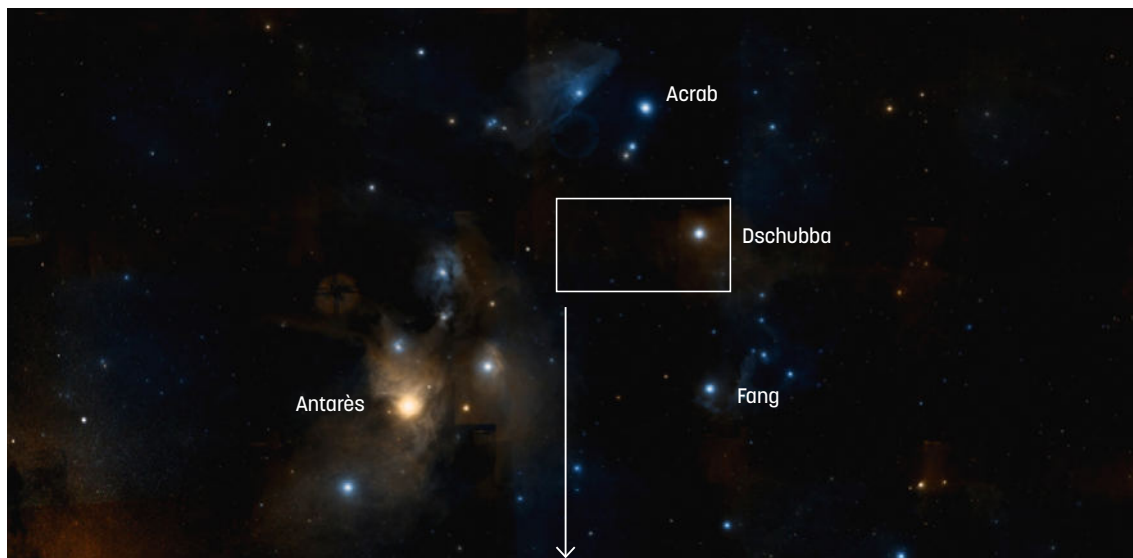
Mais alors, peut-on espérer d'autres confirmations de planètes errantes grâce aux données de Gaia ? Malheureusement, les candidates ne sont pas légion. En dix ans, Dong Subo recense seulement une quinzaine de lentilles gravitationnelles. « Nous les avons toutes vérifiées. Il n'y en a pas d'autres que Gaia ait vues », indique l'astronome chinois. « Ça n'est pas surprenant. Il y avait une chance sur 1800 d'en voir deux. » Plus frustrant encore, on ne reverra plus jamais la planète errante tout juste découverte. « Pour créer une nouvelle lentille gravitationnelle, il faudrait qu'elle s'aligne parfaitement avec une autre étoile. Il y a peu de chance que cela se produise avant 100 millions d'années », projette Dong Subo.

L'ombre d'un doute ?

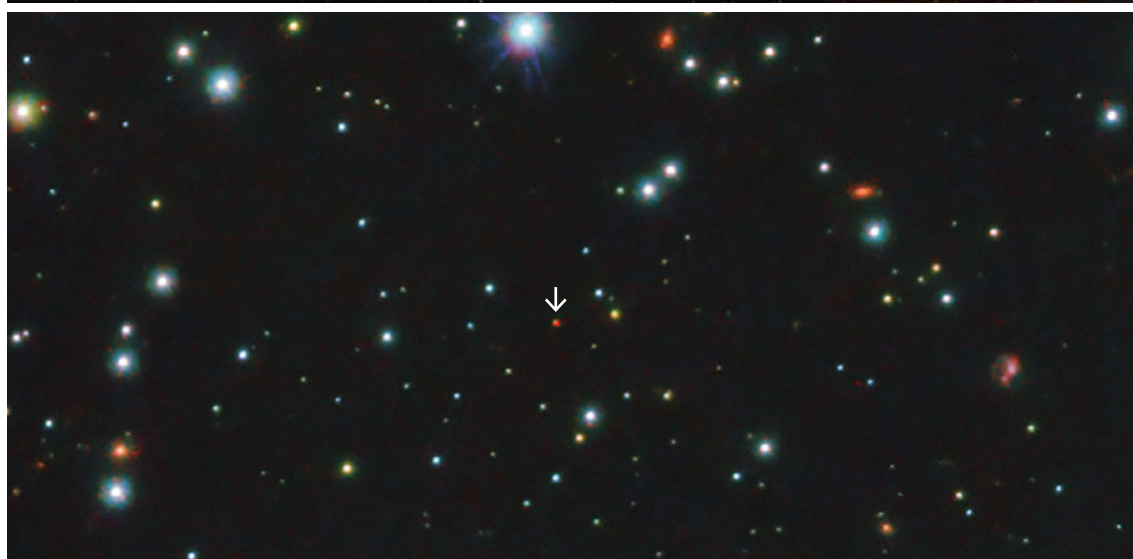
Cela ne signifie pas que plus personne ne reviendra surveiller la zone à l'avenir. Car un dernier doute subsiste... Les découvreurs ne peuvent pas exclure définitivement que la planète soit liée à une étoile, dont elle serait très éloignée — davantage que Neptune du Soleil. « Mais cela voudrait dire que l'étoile en question est très terne, et donc de faible masse. C'est assez improbable. Par expérience, je suis confiant à plus de 95 % ! » affiche Andrzej Udalski. « Avec des télescopes très puissants, comme le Very Large Telescope ou d'autres observatoires géants en cours de construction, on pourrait vérifier qu'il n'y a pas à cet endroit une étoile peu brillante qui s'éloigne de la zone, à la vitesse connue de 8 millisecondes d'arc sur le ciel [soit 2 millièmes de degré, NDLR] », envisage Jonathan Gagné. Et si aucune lueur n'est jamais détectée, cela sera l'ultime confirmation qu'il y a bien là un astre sans lumière ni chaleur qui vagabonde dans le cosmos... ☾

L'équipe de l'astronome chinois Dong Subo tient la première preuve directe d'une planète errante. DR





De petite masse, la planète errante a sans doute été expulsée de son système planétaire



En 2021 près de l'étoile Antares, l'Observatoire européen austral a débusqué des petits astres solitaires rougeoyants. Mais sans connaître leur masse, difficile de savoir s'ils sont des planètes ou des étoiles minuscules.
© ESO/Miret-Roig et al.

LE MARCHÉ DE L'ASTRONOMIE À L'ÉPREUVE DE LA MONDIALISATION

Les innovations transforment en profondeur l'astronomie amateur. Mais derrière l'enthousiasme technologique, le marché traverse une zone de turbulences, marquée par le recul des ventes, une concurrence chinoise agressive et la fragilisation d'acteurs historiques.

Jean-Luc Dauvergne



L'année 2026 sera marquée par l'éclipse totale de Soleil d'Espagne, mais sera aussi une année charnière pour le marché de l'astronomie amateur, aujourd'hui en pleine mutation. Les pratiques évoluent sous l'effet de nombreuses innovations techniques. L'émergence des télescopes connectés et légers constitue la plus notable de celles-ci. « Ces instruments permettent d'obtenir des images couleur en seulement quelques minutes. C'est ludique et assez bluffant », constate Patrick Pelletier, retraité de l'importateur Médas et fin connaisseur du matériel astro. Les montures à

moteurs harmoniques révolutionnent, elles aussi, les usages par leur légèreté. Signe des temps, elles sont toutes pilotables en wifi ou en Bluetooth pour favoriser l'automatisation en les connectant à des mini-PC optimisés pour l'astronomie. Ces innovations produisent notamment une recrudescence des observatoires pilotés à distance.

« Il se passe quelque chose d'analogique à ce que l'on a connu dans les années 1990 avec des inventions majeures, comme le Go-To ou les petits télescopes compacts de type ETX90. Il y avait alors une vague de création, explique Laurent Marfisi, cofondateur

Signe des temps, de plus en plus d'instruments sont pilotés à distance dans des fermes de télescopes. Ici, celle de Space Obs au Chili profite d'un maximum de nuits claires.





Les télescopes connectés ou smart télescopes, comme le Stellina de Vaonis, se pilotent en quelques clics depuis une tablette ou un smartphone.

Photos : J.-L. Dauvergne/C&E

Le matériel chinois s'est fortement amélioré en qualité

de la marque Unistellar. *Puis le marché s'est un peu endormi pendant vingt ans, jusqu'à ce que nous lancions nos télescopes connectés, parallèlement à Vaonis. Cela a poussé les concurrents à réagir et à proposer de nouvelles offres.* » De fait, Dwarf, Celestron ou encore ZWO ont emboîté le pas à Vaonis et à Unistellar en sortant leurs propres instruments connectés.

Une concurrence féroce

Si le contexte technologique peut sembler enthousiasmant, la réalité économique est nettement plus contrastée. La concurrence entre marques est féroce, et l'on observe une redistribution progressive des cartes au profit de la Chine. *« C'est d'autant plus compliqué que le matériel chinois s'est fortement amélioré en qualité, souligne Cyril Dupuis, fondateur de Vaonis. Cela condamne les fabricants occidentaux à se recentrer sur le haut de gamme. »* Les tensions se sont accrues ces derniers mois. Après un pic de la demande en 2020-2021 durant la pandémie du covid, les ventes de matériel sont en net recul. *« Les revendeurs ne vont pas bien, et les fabricants non plus », constate Cyril Dupuis. L'inflation cumulée d'environ 15 % sur les cinq dernières années n'est pas étrangère à cette situation : lorsque les ménages doivent arbitrer leurs dépenses, les loisirs*

figurent parmi les premiers postes sacrifiés. « Nous avons connu un véritable trou d'air entre septembre et novembre 2025. Nous n'avons jamais enregistré des mois aussi mauvais depuis dix ans, confirme Sébastien Vauclair, cofondateur de la boutique toulousaine La Clef des étoiles. C'est lié à la conjoncture économique et au contexte géopolitique. Si l'on compare 2025 à 2020, l'activité a chuté de moitié. »

Cette situation conduit à s'interroger sur la trajectoire future du marché. Dans les années 1990, le nombre d'acteurs était relativement stable : Vixen, Meade, Celestron, Paralux et Takahashi dominaient alors le secteur. L'offre était lisible, tout en restant dynamique grâce à une concurrence propice à l'innovation. Le début des années 2000 marque un premier bouleversement avec l'arrivée de sociétés chinoises et taïwanaises, qui s'imposent rapidement. Les groupes Synta Optical (Orion, Sky-Watcher, Celestron) et GSO (Kepler, TS Optics, Omegon) prennent une place centrale, au détriment des fabricants américains, européens et japonais.

Premier basculement en 2005

Le premier grand symbole de ce basculement intervient en 2005. Celestron au bord de la faillite est racheté par Synta Optical. Les deux entreprises

entretenaient déjà une relation d'interdépendance ; Synta Optical était alors le principal sous-traitant de Celestron. À la fin des années 2000, les fabricants russes haut de gamme Intes et Intes Micro sont également en difficulté et cessent leur activité. En 2013, Meade est repris à son tour par le groupe chinois Ningbo Sunny Electronics, avec le soutien financier de Synta Optical. La crise du covid agit au début des années 2020 comme un catalyseur brutal. « *Il y a eu trois faillites majeures aux États-Unis : d'abord OPT vers 2022, le plus grand revendeur du pays, puis Meade et Orion* », rappelle Laurent Marfisi. La demande explose pendant la pandémie : confinement, épargne accumulée et temps libre favorisent les achats. Mais l'offre ne suit pas ; les usines chinoises sont fermées et les stocks s'épuisent rapidement. Lorsque la production reprend, les ventes s'effondrent de manière inattendue, sur fond de guerre en Ukraine, de crise énergétique et d'inflation. Ce contexte se révèle fatal pour plusieurs acteurs, dont OPT.

Les cas des marques Meade et Orion sont plus complexes, mais également liés à la crise sanitaire. En 2019, Orion engage une action en justice contre Ningbo Sunny Electronics et Meade pour violation des lois antitrust. Les rachats successifs de Meade et de Celestron ont créé une situation de quasi-monopole sur le marché américain. Le procès permet à Orion de récupérer la marque Meade. Toutefois, l'entreprise se retrouve affaiblie. Avec ce procès, Orion a indirectement attaqué son fournisseur Synta Optical, qui privilégie alors sa propre marque Sky-Watcher durant la pandémie. Orion dépose le bilan le 9 juillet 2024, entraînant dans sa chute ses marques Meade et Coronado.

Secousses au Japon

Les secousses du marché se font aussi sentir au Japon. La marque haut de gamme Takahashi a cessé récemment la fabrication de montures équatoriales — une activité pourtant ininterrompue depuis 1971. « *Grâce aux puces et aux processeurs modernes, les Chinois proposent désormais des produits beaucoup plus abordables, faciles à installer et à utiliser, sans recourir aux corrections d'erreur périodique ou au viseur polaire*, explique Ryuichi Hashimoto, directeur des ventes internationales de Takahashi. *Il devient ainsi très difficile pour les instruments réalisés au Japon de conserver un avantage concurrentiel, notamment en matière de prix.* »



Ci-dessus : le Celestron Origin est le plus gros smart télescope du marché avec son miroir de 153 mm de diamètre. Beaucoup d'amateurs préfèrent élaborer leur configuration sur mesure autour d'outils comme le mini-ordinateur AsiAir de ZWO (ci-contre).

Dans ce segment, les montures équatoriales à moteurs harmoniques rencontrent un vif succès en raison de leur légèreté. L'essentiel des modèles du marché vient aujourd'hui de Chine, avec des tarifs compris entre 1 000 et 2 000 € pour les premiers modèles. Historiquement, le principal concurrent de Takahashi pour les montures équatoriales est Sky-Watcher. Son modèle phare EQ6 s'inspire largement de l'EM-200 de Takahashi, tandis que

Protéger ses créations par un brevet représente un certain coût

les EQ5 reprennent les lignes des vénérables Great Polaris de Vixen. « *Quand je travaillais encore, les Chinois venaient nous rendre visite, très curieux. Ils observaient tout, parfois avec un pied à coulisse* », se souvient Patrick Pelletier. Le « *made in China* » va-t-il pour autant remplacer les fabricants japonais ? « *Sky-Watcher a contribué à démocratiser l'astronomie et à élargir le marché, reconnaît Kazushige Niitsuma, président de Vixen. Le rôle de Vixen n'est plus seulement de conquérir des parts de marché, mais aussi de devenir la marque vers laquelle se tournent naturellement les amateurs après leurs débuts, lorsqu'ils recherchent davantage de précision et de durabilité. Toutefois, nous devons encore progresser pour asseoir cette reconnaissance en Europe* », admet-il.

Le nerf de la guerre : innover !

L'innovation est plus que jamais le nerf de la guerre. L'exemple le plus emblématique est sans doute le télescope connecté Seestar S50 de ZWO sorti en 2023. Ses caractéristiques sont largement

copiées sur celles du Vespera de Vaonis lancé en 2020. Cet instrument fabriqué en France est vendu environ deux fois et demie plus cher. Et ce cas n'est pas isolé, hélas. « *Avec l'Astro Pi Box, je peux témoigner que nos innovations sont vite reprises : c'était l'ancêtre de l'AsiAir de ZWO* », déplore Sébastien Vauclair. Il s'agit d'un petit ordinateur monté sur le dos de l'instrument et connecté à une tablette ou un smartphone. On peut évoquer aussi le spectrohéliographe Sol'ex, inventé par l'astronome amateur français Christian Buil en open source et finalement industrialisé en Thaïlande par MLAstro.

« *Nous protégeons nos créations par des brevets, mais cela a un certain coût pour les défendre juridiquement sur des petits marchés comme les nôtres* », regrette Laurent Mafisi. « *Nous sommes aussi obligés de miser sur le haut de gamme et sur l'innovation. Je crois également que la qualité de l'expérience utilisateur est une des clés de réussite, et c'est un point qu'a tout à fait compris notre concurrent ZWO* », rajoute Cyril Dupuis. Le besoin impérieux de sans cesse innover met les fabricants sur une ligne de crête où le moindre faux pas peut être fatal. « *Il y a deux types d'innovations : l'innovation de rupture, comme nos jumelles connectées Envision [disponibles courant 2026], et l'innovation itérative en améliorant les produits en écoutant les retours des clients* », précise Laurent Mafisi. Les innovations de rupture sont les plus à même de prendre de court la concurrence, mais elles sont aussi celles où l'entreprise encourt le plus grand risque. Ces paris ont pour le moment été gagnants pour Unistellar et Vaonis.

Chez Takahashi et TeleVue, la stratégie repose davantage sur l'image de marque, la continuité et l'excellence. « *Nos produits sont fabriqués intégralement au Japon, à la main, un par un. Nous sommes fiers de proposer des instruments durables et performants* », souligne Ryuichi Hashimoto. Une philosophie similaire anime la marque américaine TeleVue. « *Nous utilisons nos produits tout comme nos clients. Notre philosophie a toujours été de fournir la meilleure qualité possible pour répondre à un besoin, indique David Nagler, PDG de TeleVue. Nous ne nous demandons pas si nous pouvons faire quelque chose de moins cher, mais comment le faire mieux. Si le critère d'un acheteur est uniquement le prix, nous ne sommes pas la bonne marque pour lui.* » Même si TeleVue parie avant tout sur sa renommée, l'entreprise veille cependant à ne pas se reposer sur ses lauriers. Les oculaires Éthos, Delos, Delite mis sur

Pour son Seestar 50, la marque chinoise ZWO s'est fortement inspirée des caractéristiques techniques et des fonctionnalités du Vespera fabriqué en France par Vaonis, en cassant les prix.

© : J.-L. Dauvergne/C&E





le marché entre 2007 et 2015 étaient innovants. Ils n'ont pas tardé à être copiés par les Chinois. Du coup, Televue vient de sortir les Nagler série 7. « Nous conservons un coup d'avance grâce à nos développements, estime David Nagler. Et heureusement il y a toujours assez de clients enclins à payer pour la valeur ajoutée que l'on met dans nos produits. »

Des normes bien permissives...

David Nagler se méfie de la production chinoise pas seulement en raison de sa capacité à imiter. Il a constaté lors de visites d'usines sur place que le respect des normes environnementales n'est pas toujours assuré. « Les excédents de peinture étaient récupérés par un rideau d'eau et cette eau était évacuée dans la rivière », se souvient-il. « Dans l'atelier de peinture, les ouvriers portaient un masque, mais ça manquait d'aération », se rappelle lui aussi Patrick Pelletier. Que ce soit dans le domaine de l'astronomie comme celui de l'industrie en général, le fait d'importer en Europe des produits réalisés avec des normes sociales et environnementales bien plus permissives qu'ici pose question.

Dans ce contexte, de nombreux acteurs s'inquiètent de l'avenir du secteur. D'autres se veulent plus rassurants : « Nous ne considérons pas l'existence des fabricants chinois comme une menace. Au contraire,

ils constituent pour nous de puissants rivaux, et donc un moteur pour nous pousser à avancer », estime Kazushige Niitsuma. Gageons que l'engouement attendu autour de l'éclipse totale de Soleil d'août 2026 lui donnera raison. On se souvient du boom de la pratique de l'astronomie après l'éclipse totale de 1999. Cela a aussi été une date charnière, avec la création de Sky-Watcher. La marque a joué un rôle important dans la démocratisation du matériel les années suivantes, mais elle a aussi amorcé la redistribution des cartes. ☺

Au Texas, le Starfront Observatory a fait passer le concept de ferme de télescopes à une échelle industrielle en hébergeant plus de 500 instruments pour un coût allant de 99 \$ à 399 \$/mois.
© Starfront Observatory

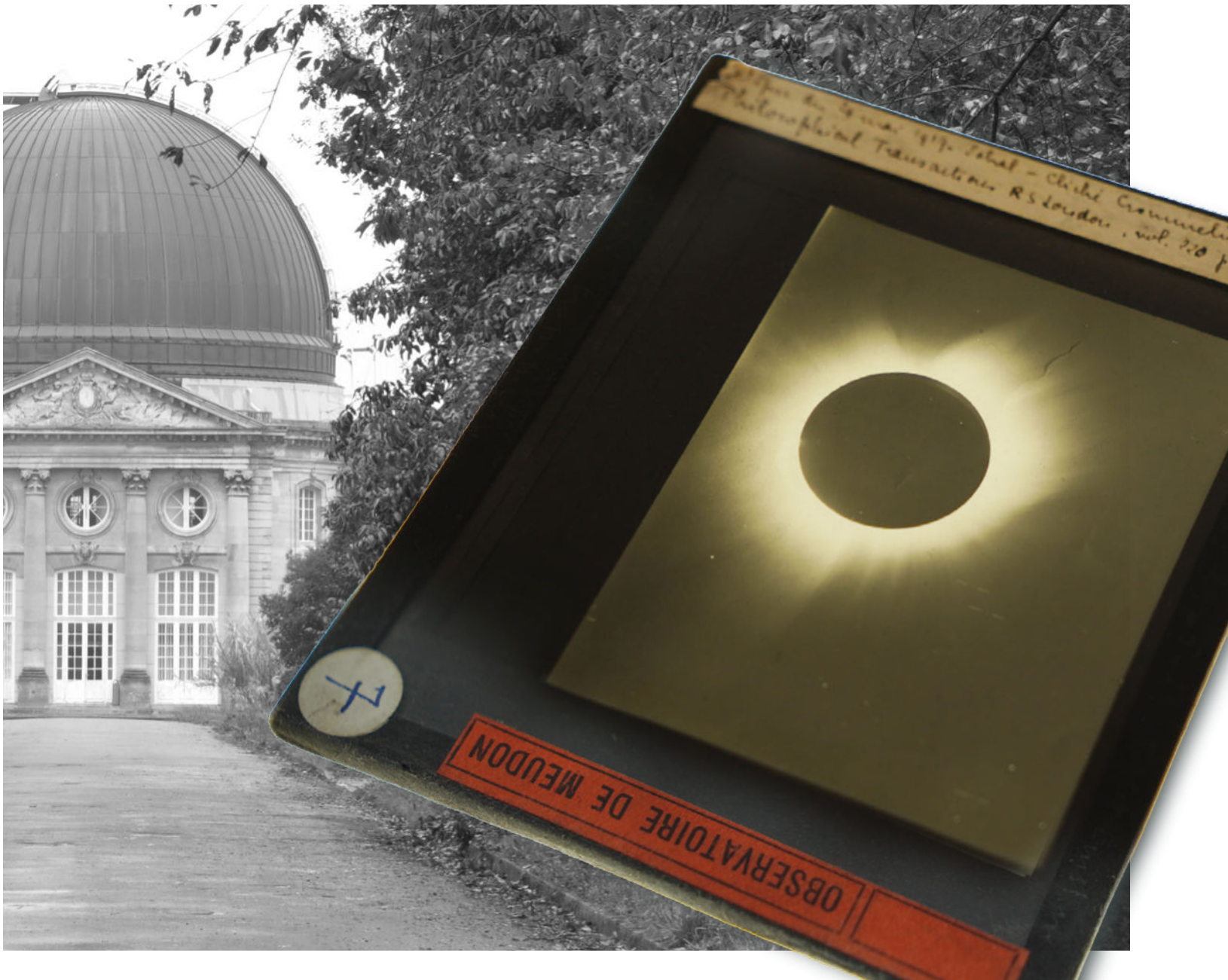
UN PAYSAGE FRANÇAIS DYNAMIQUE

Malgré la concurrence chinoise, la France montre un certain dynamisme dans la création de fabricants de matériel pour les amateurs. On peut lister les télescopes Skyvision, Sevun, Sud Dobson, Stellarzac, Dobson Factory, La 3^e dimension. Ou encore les fabricants d'optiques : Shelyak, Mirro-Sphère, Bigowlbinoscope, Lecleire, Lightwhite, l'observatoire de Puimichel et Gallifrey Optics. Il faut ajouter à cela les fabricants d'instruments connectés autonomes ; la France a été précurseur avec Vaonis, Unistellar et Astrowl. À quelques exceptions près, ces entreprises ont moins de 20 ans. D'autres fabricants ont hélas disparu, comme Arcane, Astronomix, Astam ou Clavé.

À MEUDON, LES PHOTOS D'ANTAN FONT PREUVE DE SCIENCE

Depuis 2017, un scanner de haute précision installé à l'observatoire de Meudon numérise sans relâche des milliers de plaques photographiques héritées de plus d'un siècle d'astronomie. Au-delà de la sauvegarde du patrimoine, Naroo est un précieux auxiliaire de recherche qui a déjà permis des découvertes.

David Fossé

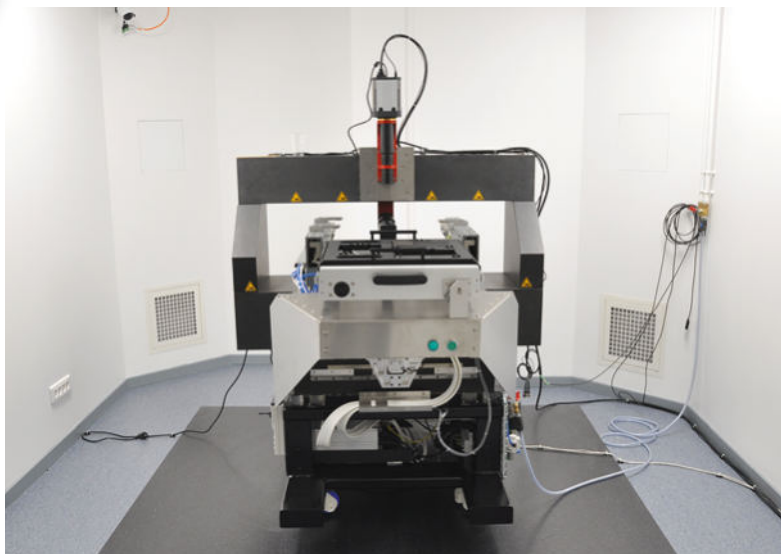
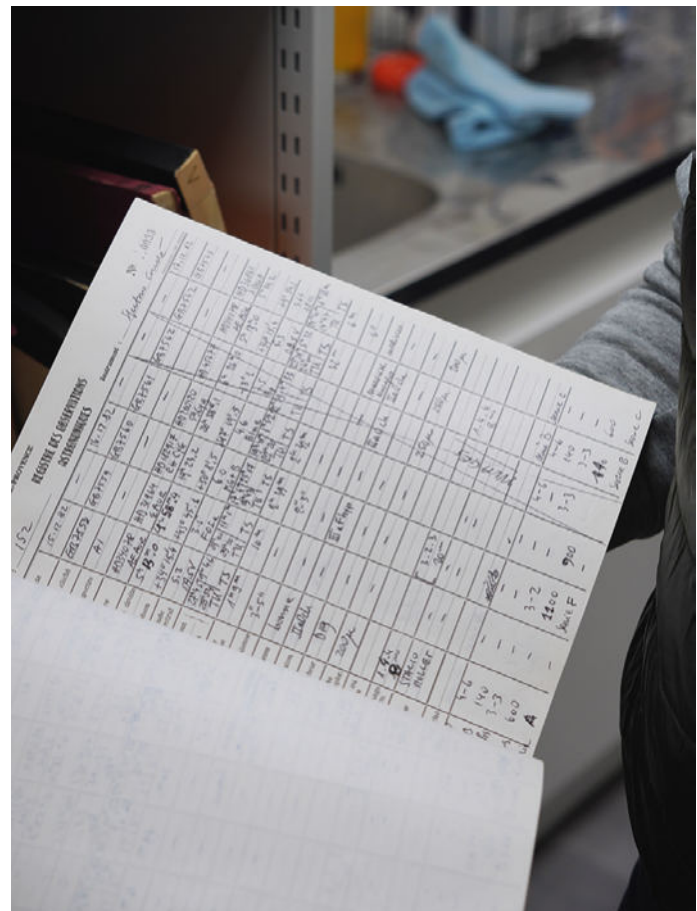
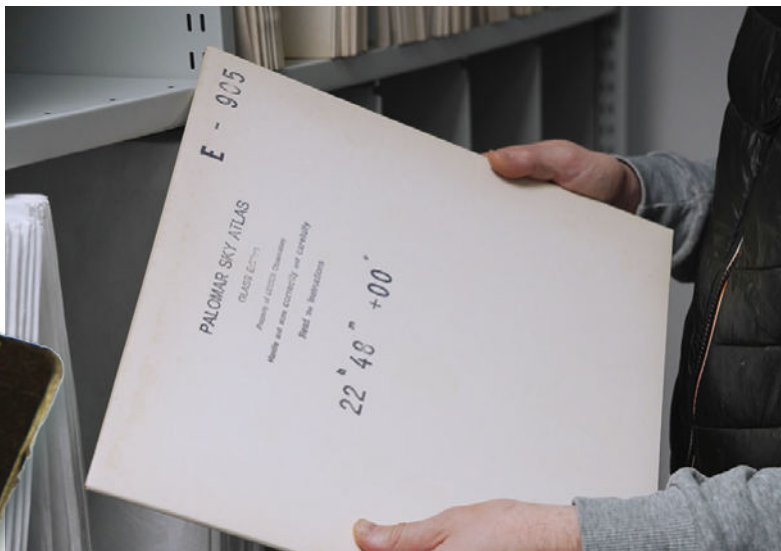


« Vous avez le choix : surchaussures ou chaussettes ? » La machine ne fonctionne pas dans une salle blanche, du genre de celle où l'on assemble les sondes spatiales. Mais dès vos premiers pas au royaume de Naroo, vous comprenez qu'il faut l'approcher avec une certaine révérence. Naroo ? C'est l'acronyme de New Astronomic Reduction of Old Observations. Depuis 2019, ce scanner de très haute précision, installé dans le bâtiment 14 de l'observatoire de Meudon (Hauts-de-Seine), voit passer sous son œil d'aigle des plaques en verre venues des observatoires du monde entier. Meudon, bien sûr, Paris, mais aussi Greenwich, le mont Palomar, Pulkovo ou

d'autres. L'objectif est à chaque fois le même : numériser ces photographies d'un autre temps pour non seulement les sauvegarder, mais aussi en tirer tout leur potentiel scientifique.

« Le processus de numérisation doit se faire avec le plus grand soin. Naroo fonctionne dans une salle à température et hygrométrie constantes, en surpression, dans laquelle il est hors de question d'apporter des poussières de l'extérieur », explique Vincent Robert (IPSA et LTE). De fait, ici, la précision est de mise : sur la table de marbre de 1,4 tonne savamment appareillée, d'une stabilité à toute épreuve, le plateau qui fait passer les plaques sous la caméra de numérisation

Hors de question d'apporter la moindre poussière de l'extérieur !



Le scanner Naroo (ci-contre) a déjà vu passer sous son œil d'aigle des plaques issues du mythique observatoire du mont Palomar. Et même une copie d'époque de l'éclipse de 1919 observée par Eddington (à gauche). Ci-dessus, un registre d'observation de l'observatoire de Haute-Provence. © D. Fossé/G. Langin/C&E



Vincent Robert (à gauche) et Valéry Lainey, du laboratoire Temps Espace de l'observatoire de Paris, sont à la tête du programme Naroo.
© D. Fossé/C&E

glisse sur un coussin d'air de 3 microns et se positionne avec une précision de 65 nanomètres. « *C'est à peu près la taille des grains d'argent des émulsions photographiques* », reprend l'enseignant-chercheur. Résultat : la précision avec laquelle on peut mesurer la position des étoiles sur les images de Naroo atteint la milliseconde d'arc. La taille d'un astronaute sur la Lune, vu depuis la Terre ! Pas mal pour des plaques qui, pour certaines, remontent au XIX^e siècle...

Numériser 2 500 plaques de Greenwich

Avec son collègue et ancien directeur de thèse Valéry Lainey, astronome au laboratoire Temps Espace de l'observatoire de Paris, Vincent Robert vient d'achever l'un de ses plus gros projets : la numérisation de 2 500 plaques de verre en provenance de l'observatoire de Greenwich. « *Planètes, astéroïdes, galaxies, nébuleuses... Il y avait de tout et les plus anciennes dataient de 1897. Elles sont arrivées ici dans quatre malles de 200 kg* », se souvient le chercheur. « *Ce projet était un peu particulier, car il avait une forte dimension patrimoniale pour nos collègues anglais. Ces plaques sont tout ce qu'il leur reste de tangible de l'observatoire de Greenwich, qui est aujourd'hui un musée* », poursuit Valéry Lainey. Il n'empêche que,

comme tous les projets de numérisation menés ici, il avait aussi un objectif scientifique : affiner notre connaissance des satellites de Jupiter.

Grâce à des plaques photo datant de plusieurs décennies ? « *Oui, pour étudier les effets de marée des planètes géantes sur leurs satellites, il faut connaître leur trajectoire sur la plus grande durée possible. Ces plaques sont précieuses pour nous* », souligne Valéry Lainey. Surtout depuis que le satellite européen Gaia, lancé en 2013, a produit ses premiers résultats. Ce cartographe du ciel a en effet mesuré avec une précision extraordinaire la position et, mieux encore, le déplacement infime de milliards d'étoiles sur la voûte céleste. Ce faisant, il a donné une nouvelle jeunesse aux observations anciennes. Surtout pour l'étude des objets variables ou bien en mouvement. « *Les plaques photo sont souvent de très bonne qualité, mais elles ont été analysées avec les méthodes et les moyens de leur époque* », remarque Vincent Robert. Les positions des étoiles, par exemple, n'étaient pas connues avec la même précision qu'aujourd'hui. Or, ce sont elles qui servent de référence pour mesurer le mouvement d'un astéroïde, d'une comète... « *Avec Gaia, nous pouvons remonter le temps et déterminer la position des étoiles bien mieux qu'elles ne pouvaient être mesurées à*

l'époque de l'observation », poursuit l'astrophysicien. Résultat : en scannant et en réanalysant ces plaques, on gagne parfois un facteur 1 000 en précision sur la position des petits corps !

Cette cure de jouvence a déjà produit des résultats. Par exemple sur Pasiphaé, un satellite de Jupiter. En associant des observations de 1908, année de sa découverte, avec des données récentes de Gaia, l'équipe a pu améliorer sa masse d'un facteur 4. Les plaques apportent aussi leur lot de prédécouvertes — c'est-à-dire l'observation passée inaperçue d'astéroïdes identifiés officiellement des décennies plus tard. Cela s'avère particulièrement utile dans le cas des PHA (Potentially Hazardous Asteroids), ces astéroïdes de plus de 140 m qui croisent l'orbite de la Terre à moins de 20 fois la distance Terre-Lune. Il est crucial de connaître avec précision la trajectoire...

De nombreuses découvertes à venir

« La numérisation des plaques produit aussi des observations originales. Anciennes, mais originales », souligne Vincent Robert. En effet, on estime que seuls 20 % des photographies réalisées de par le monde au fil des décennies ont été analysées en leur temps. Beaucoup dorment depuis classées dans des armoires (au mieux) ou oubliées dans des caves (au pire) depuis des décennies ! « Il y a des découvertes à faire, même si cela revient souvent à chercher une aiguille dans une botte de foin. Mais pour ça, l'IA peut être extrêmement efficace », assure Valéry Lainey. L'astronome en est persuadé : le trio Naroo/Gaia/IA peut faire des miracles. Par exemple, pour chercher des objets interstellaires comme Oumuamua ou 3I/Atlas qui auraient traversé le Système solaire et qui seraient passés inaperçus (notamment parce qu'on ne les cherchait pas !). Pour récupérer des données sur des plaques qui, jusqu'ici, auraient paru inutilisables (à cause d'un bougé du télescope ou autre). Et même pour des tâches plus triviales, mais essentielles...

« Pour faire de la science, les données sont importantes, mais les métadonnées le sont tout autant », explique Vincent Robert. Les métadonnées, ce sont toutes ces informations qui ne figurent pas sur les plaques, mais qui permettent de les comprendre et donc de les exploiter : date et heure, coordonnées du champ de vue, temps d'exposition, type d'émulsion, etc. Elles sont consignées dans des cahiers de coupole souvent rédigés à la main qu'il faut aussi numériser. « Aujourd'hui, si je veux savoir sur quelles plaques Jupiter

apparaît parmi les milliers déjà numérisées, je dois aller fouiller dans les carnets de coupole pour y chercher la mention de la planète. Une IA pourrait très bien faire ça pour nous. » L'utilisation de l'IA est donc un axe que les deux chercheurs vont développer à l'avenir. Pour Valéry Lainey, « ce sera aussi un moyen d'attirer des étudiants en thèse ou en postdoc, qui ne voient pas toujours immédiatement l'intérêt de ces vieilles plaques ».

Il y a pourtant beaucoup de sujets de recherche possible et la concurrence est rude ! Les États-Unis, l'Allemagne, la Russie, la Belgique et la Chine ont, ou ont eu récemment, un programme de numérisation de plaques photo. « Le programme chinois est ambitieux. Ils viennent de construire un centre dédié avec quatre scanners à plaques, dont deux consacrés à l'astronomie. Ils cherchent à récupérer des plaques dans le monde entier », précise Vincent Robert. Des concurrents sur la scène internationale ? « Il va falloir que nous trouvions un accord », reconnaît Valéry Lainey. Cela semble possible : de Shanghai à Rio et de Yerkes à Cape Town, il y aurait des dizaines de millions de plaques de verre à numériser dans les observatoires. Aucun programme ne pourra s'en charger seul ! Pourtant, il y a urgence. « Sur certaines plaques très anciennes, les émulsions se décollent. Elles deviennent alors inutilisables », raconte Vincent Robert. S'il y a une course à gagner, c'est une course contre la montre. ☺

Des dizaines de millions de plaques restent à numériser de par le monde

Certaines plaques grand format sont de véritables pépites. Ici, la galaxie d'Andromède, photographiée par le télescope de Schmidt du mont Palomar.

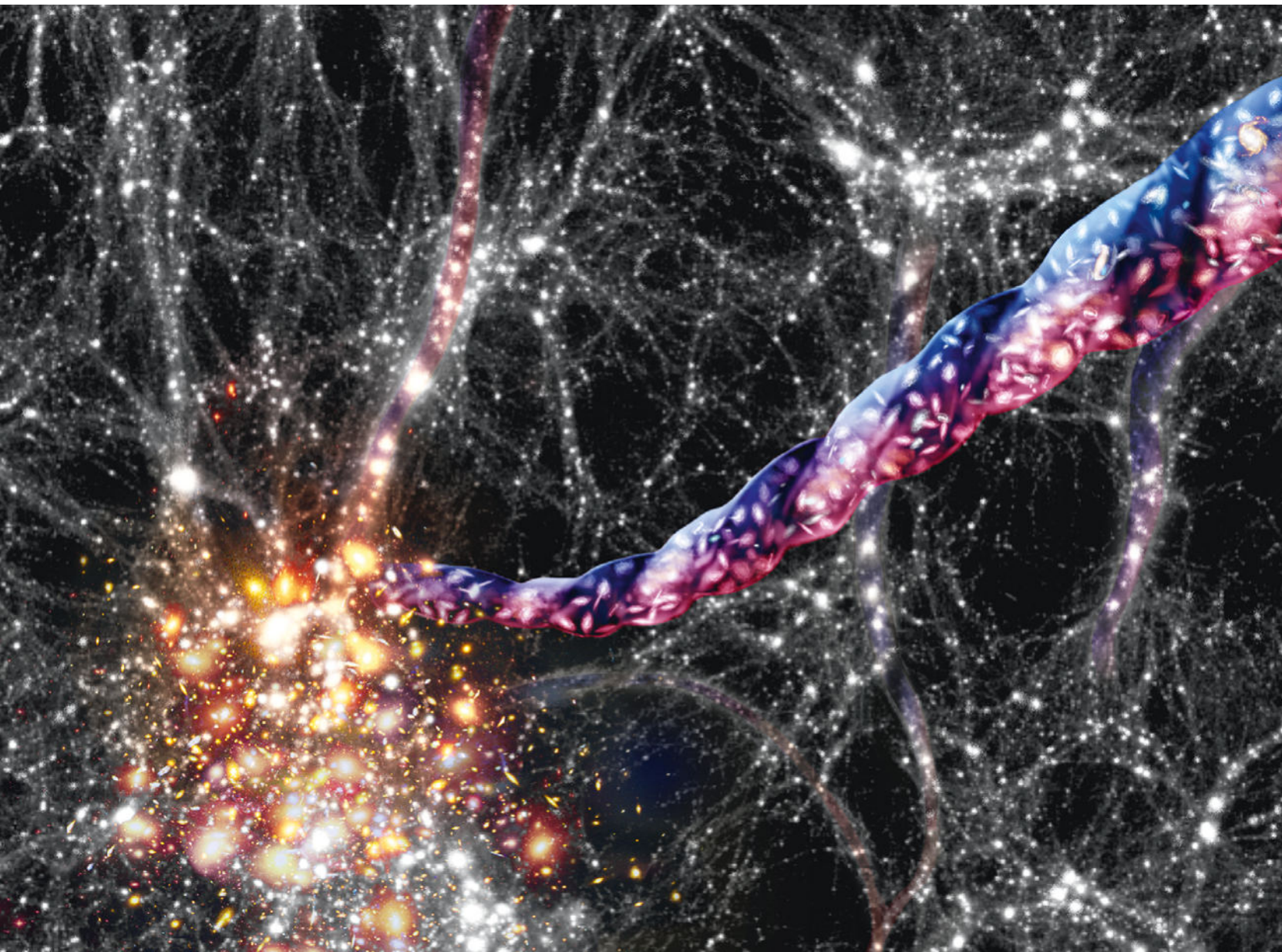
© D. Fossé/C&E



UN FILAMENT COSMIQUE QUI DONNE LE TOURNIS

La plus grande structure en rotation jamais observée dans l'Univers vient d'être découverte. Il s'agit d'un « filament » de galaxies long de 50 millions d'années-lumière.

Stéphane Fay



Dans l'espace, tout tourne : les planètes autour des astres, les systèmes solaires dans les galaxies, ces dernières dans les amas ! Mais jusqu'où cela va-t-il ? Madalina Tudorache (université de Cambridge) et son équipe nous font changer d'échelle avec un filament cosmique de 50 millions d'années-lumière dont la rotation aurait même influencé celle des galaxies qu'il contient. Mais qu'est-ce qu'un filament cosmique ?

Les galaxies et la matière noire ne se répartissent pas n'importe comment dans l'Univers. Elles forment des filaments et des murs aux intersections desquelles se trouvent des amas de galaxies. Si cette toile cosmique est facilement visualisable quand on la reproduit sur un ordinateur, difficile d'avoir le recul pour la percevoir dans le ciel. Il faut beaucoup de patience pour accumuler suffisamment de données et voir enfin le bout d'un filament. Beaucoup de patience... ou de la chance ! C'est ce qui est arrivé à notre équipe d'astronomes alors qu'elle étudiait des nuages d'hydrogène neutre (non ionisé) au sein de jeunes galaxies. L'hydrogène est repéré en général à l'aide de radiotélescopes comme Meerkat — ces 64 antennes de 13,5 m de diamètre se trouvent dans le parc national du même nom en Afrique du Sud.

Quatorze galaxies alignées

Grâce au radiotélescope Meerkat, l'équipe a découvert 14 galaxies formant un bel alignement de 5,5 millions d'années-lumière de long pour 117 000 a.-l. de large, à une distance d'environ 400 millions d'années-lumière. C'est seulement la troisième structure cosmique repérée de cette manière. « Notre découverte est accidentelle. Nous ne nous attendions pas à trouver une chaîne de galaxies aussi longue et cohérente », s'étonne Madalina Tudorache. « Ce fut une vraie surprise », ajoute Lyla Jung, de l'université d'Oxford et membre de l'équipe.

Mais voilà, cet alignement est sur le bord du champ observé par Meerkat, ce qui fait soupçonner qu'il pourrait n'être qu'une partie d'une structure plus grande, mais en dehors de ce champ. « En examinant les données de plus près, nous avons réalisé que toute la structure était enchâssée dans un filament cosmique plus vaste », explique Madalina Tudorache. Afin de mieux la voir, les astronomes ont considéré les données optiques de l'instrument Desi (qui réalise la spectrométrie de galaxies à Kitt Peak, en



Madalina Tudorache et ses collègues ont identifié une grande structure cosmique située à une distance d'environ 400 millions d'années-lumière : un long filament composé de 154 galaxies ! (vue d'artiste, page de gauche). © AIP/ A. Khalatyan/ J. Fohlmeister

Arizona ; lire notre dossier) et de SDSS, un télescope de 2,5 m à Apache Point au Nouveau-Mexique pour mesurer le redshift ⁽¹⁾ de millions d'objets.

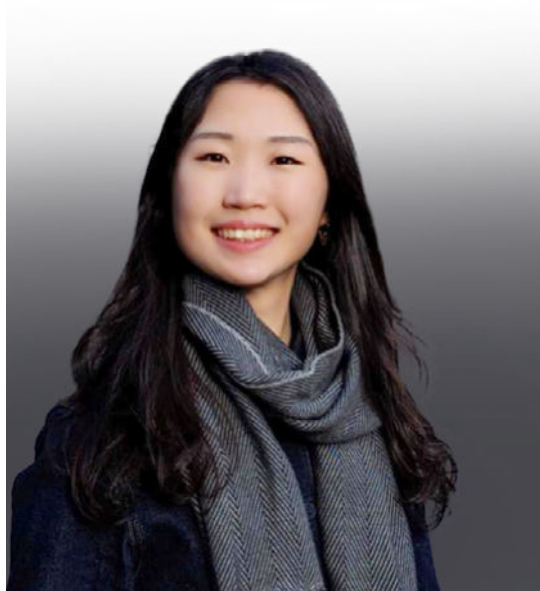
L'équipe a découvert 154 nouvelles galaxies qui, avec les 14 autres, dessinent un filament de 50 millions d'années-lumière de long pour environ 6 millions d'années-lumière de large. Le tout est incliné dans le ciel à 37°. Et surtout, il tourne autour de son axe ! « Quand nous avons pris conscience que toute la structure était en rotation, cela l'a rendue encore plus remarquable », souligne Lyla Jung.

Et en plus il tourne !

En effet, quand on observe les galaxies d'un côté et de l'autre de l'axe du filament que l'on peut voir comme un cylindre, elles s'éloignent de nous du côté ouest et se rapprochent du côté est. Le même phénomène arrive quand on regarde les étoiles d'une galaxie, ce qui prouve qu'elles tournent autour de son centre. On peut donc conclure cette fois à la rotation des galaxies autour de l'axe du filament qu'elles forment, ce qui en fait la plus grande structure en rotation jamais observée. Une petite précision pour les plus pointilleux : lorsque l'on dit que les galaxies s'éloignent d'un côté et se rapprochent de l'autre, c'est une interprétation d'un redshift plus grand d'un côté que de l'autre. Mais on pourrait aussi le traduire comme une distance plus grande d'un côté que de l'autre, au lieu d'un mouvement. Alors, cela ne correspondrait plus à la rotation d'un filament,

Une chaîne de galaxies aussi longue et cohérente a créé une vraie surprise

Les galaxies tournent autour de l'axe du filament, mais aussi sur elles-mêmes. Or, leur axe de rotation semble aligné avec celui du filament. « *Cet alignement est même beaucoup plus marqué que prévu* », souligne Lyla Jung. DR



mais à un mur de galaxies dont un côté serait plus éloigné de nous que l'autre.

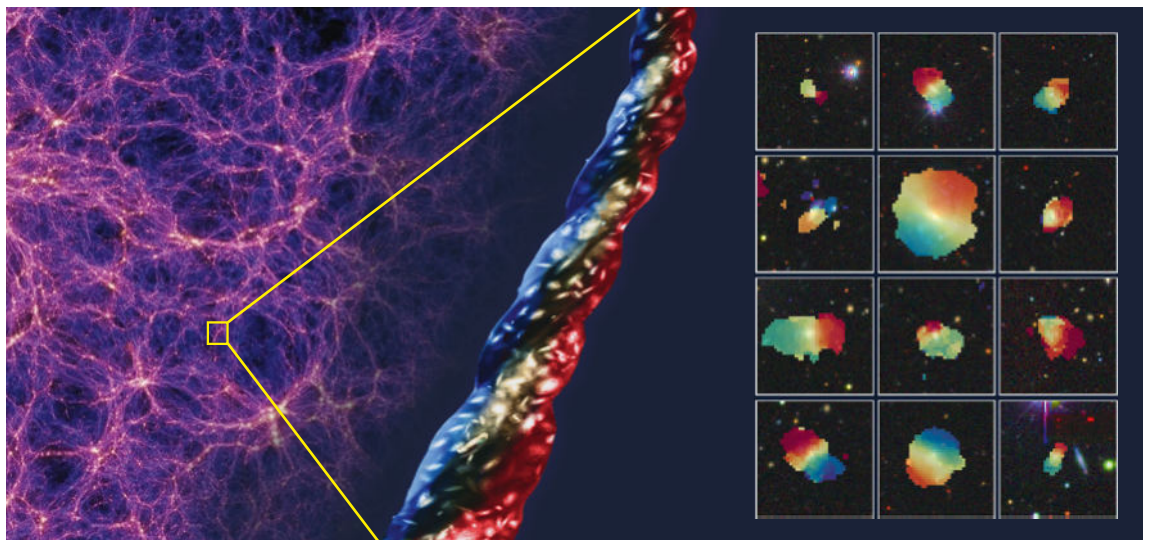
Cependant, comme nous le découvrirons plus loin, l'interprétation du filament en rotation est la seule à pouvoir rendre compte de celle si particulière des galaxies qui le composent. Mais alors, comment se serait-il mis en mouvement ? Pour le comprendre, il faut imaginer à l'origine un long nuage de gaz et de matière noire. Des galaxies se forment en son sein, des concentrations de matière apparaissent. Elles tendent à se diriger vers l'axe du nuage plus dense en matière et qui les attire à lui par sa gravité. Mais généralement, les galaxies manquent l'axe, le

dépassent et reviennent vers lui pour le manquer et le dépasser à nouveau : autrement dit, elles lui tournent autour comme une planète est en orbite autour de son étoile. Le reste de la matière a un mouvement semblable et c'est ainsi qu'avec le temps, l'immense structure se met à tourner. « *La rotation des filaments résulte du flux cohérent de matière le long du paysage cosmique, façonné par la distribution de la matière environnante. Ces terrains irréguliers existent depuis le début de l'Univers et évoluent pour former aujourd'hui des structures filamenteuses en rotation* », résume de manière imagée Lyla Jung. Ainsi, il est fort possible que tous les filaments tournent et que l'on en découvre encore de plus grands en rotation.

La rotation en héritage

Bien sûr, les galaxies ne tournent pas seulement autour de l'axe du filament, elles tournent aussi sur elles-mêmes et pas n'importe comment : leur axe de rotation semble plus ou moins aligné avec l'axe du filament. « *Cet alignement est même beaucoup plus marqué que ce qui est prévu par n'importe quelle théorie* », souligne Lyla Jung. Cette corrélation semble exclure la possibilité que le filament en rotation soit un mur, car elle serait alors plus difficile à expliquer. Pour l'établir, les astronomes ont choisi de considérer que toute galaxie dont l'angle entre son axe de rotation et celui du filament est inférieur à 60° est alignée. Pour les 14 galaxies découvertes avec MeerKat, l'angle est en moyenne autour de 50° , contre 56° pour les galaxies observées en optique. Pourquoi

Certaines des galaxies du filament s'éloignent de nous, d'autres s'approchent. Ces mouvements révèlent une rotation globale autour de l'axe du filament. Cette découverte permet d'étudier comment les grandes structures cosmiques transmettent leur mouvement aux galaxies qui les composent (illustration ci-contre). © Lyla Jung





est-ce ainsi ? Dans le filament, le gaz qui alimente la croissance des galaxies tourne aussi autour de son axe et donne ainsi un axe de rotation des galaxies aligné de manière préférentielle avec celui du filament. Mais cet alignement se détériore avec la densité de galaxies et le temps. En effet, plus il y a de galaxies, plus elles peuvent interagir entre elles et fusionner, ce qui modifie leur axe de rotation. Un phénomène vérifié observationnellement par l'équipe qui trouve 25 % de galaxies non alignées dans les zones les plus denses, contre seulement 9 % ailleurs.

Les jeunes galaxies sont alignées

Puis, en fusionnant, les galaxies donnent des galaxies elliptiques massives et, un peu comme une girouette s'oriente dans le vent, elles pivotent sous l'effet des forces gravitationnelles de la matière longeant le filament et leur axe de rotation finit perpendiculaire au sien. De ce point de vue, le fait qu'un nombre important de galaxies dans le filament examiné par Madalina Tudorache ont leur axe de rotation encore aligné avec celui du filament témoigne de sa jeunesse. « Cela explique aussi que nous ayons trouvé ce filament de galaxies riches en hydrogène neutre. Elles n'ont pas encore eu le temps de le perturber », précise la chercheuse.

Une conséquence importante de ces découvertes concerne les observations de lentilles gravitationnelles faibles utilisées pour étudier la matière noire. Quand la lumière de galaxies lointaines

traverse l'Univers, son chemin est perturbé par toutes les interactions gravitationnelles avec la matière présente entre elles et nous. Leur image s'en trouve déformée. En étudiant ces déformations de façon statistique, on en déduit une répartition de la matière noire qui se trouve entre nous et ces galaxies. Or, l'alignement des axes de rotation de galaxies dans un filament introduit une corrélation entre leurs formes, puisqu'elles se présentent à nous avec une orientation privilégiée, ce qui perturbe les statistiques destinées à mieux connaître la matière noire. « Il faudra peut-être tenir compte dans l'analyse des données de ces effets de lentille gravitationnelle », pense Madalina Tudorache.

Que faire maintenant ? Trouver beaucoup d'autres filaments ! « C'est une période passionnante pour travailler dans ce domaine, car notre capacité à découvrir de telles structures augmente grâce à l'amélioration des relevés radio et optique. L'objectif est donc d'en découvrir davantage afin de constituer un échantillon statistique et de mieux les étudier », se réjouit Madalina Tudorache. « Les nouvelles données issues de radiotélescopes comme MeerKAT et de télescopes optiques, comme l'observatoire Vera Rubin et le télescope spatial Euclid, nous permettront de mieux comprendre leurs caractéristiques », assure Lyla Jung. Les filaments cosmiques n'ont pas fini de nous faire tourner la tête! 🌀

Les antennes de MeerKAT en Afrique du Sud ont permis la découverte. Elles observent le ciel dans le domaine radio.

© S. Van der Merwe/M. Cotton

Les galaxies s'orientent comme des girouettes sous l'effet de la gravité

(1) Décalage de la lumière des astres vers le rouge, qui indique leur distance.

L'OBSERVATOIRE DE LYON, OU LA REVANCHE PAR LA SCIENCE

Il y a plus d'un siècle et demi, l'astronomie française ne se pratique presque pas en dehors de Paris. Mais la déroute de 1870 déclenche une décentralisation de la recherche. Ainsi naît l'observatoire de Lyon à Saint-Genis-Laval.

Guillaume Langin



Dès son édification, l'observatoire de Lyon se dote d'une grande lunette équatoriale coudée. Un instrument d'excellente qualité optique dont il n'existe que sept exemplaires dans le monde !

En janvier 1871, l'Empire allemand tout juste proclamé est en passe de remporter la guerre contre la France. Le traité de paix n'est pas encore signé que l'on cherche déjà les raisons de cette défaite. Outre le grand nombre des soldats prussiens, les innovations techniques dont sont bardées leurs armes ont marqué les esprits. Certains y voient une conséquence de la faiblesse des universités françaises. La comparaison entre les deux nations révèle à quel point Paris concentre l'ensemble des activités scientifiques du pays. Et dans ce grand écart, l'astronomie n'est pas épargnée. « L'Allemagne possédait déjà à cette époque

En 1903, la moustache est en vogue chez les premiers astronomes et météorologues de l'observatoire de Lyon (tous masculins jusqu'en 1919). Pose devant la coupole Brunner, toujours visible. DR

une quinzaine d'observatoires contre seulement trois en France : Paris, Toulouse et Marseille », énumère Emmanuel Pécontal, astronome et historien à l'observatoire de Lyon. Et encore, le troisième était désigné comme « succursale de l'observatoire de Paris à Marseille ». Il est temps d'amorcer la décentralisation de l'astronomie en France.

À Lyon, la politique locale se saisit sans attendre du projet. Le conseil municipal délibère dès février 1873 quant à l'implantation d'un observatoire. Mais le maire de l'époque, Désiré Barodet, un anticlérical radical, est dans le viseur de la nouvelle Assemblée nationale, à majorité monarchiste. L'hémicycle vote même la suppression de la mairie de Lyon ! La seconde ville de France sera privée de maire pendant huit ans. Le projet d'observatoire est confié au préfet Joseph Ducros. Cinq années s'écoulent pendant lesquelles Ducros réunit une commission d'experts pour choisir l'emplacement du futur observatoire. Mais Paris n'a pas pour autant lâché prise sur les affaires astronomiques. Le 21 février 1878, le décret portant sur l'organisation de trois nouveaux observatoires à Lyon, à Bordeaux et à Besançon décide que leurs directeurs respectifs seront nommés par le président de la République sur recommandation de l'Académie des sciences et de l'observatoire de Paris.

Ce sera Saint-Genis-Laval !

La direction de l'observatoire de Lyon est confiée à un astronome de la capitale, Charles André, petit par la taille, mais « au caractère bien trempé », selon Emmanuel Pécontal. Où sera-t-il construit ? La commission Ducros a beau s'être accordée sur la commune de Sainte-Foy-lès-Lyon à l'ouest, Charles André impose la colline de Beauregard à Saint-Genis-Laval, plus au sud. Les uns (plutôt les conservateurs) le déplorent, quand d'autres (plutôt radicaux) le saluent, tant pour ces derniers la commission appointée par le préfet est jugée incompétente.

Charles André apporte avec lui ses sujets scientifiques de prédilection. En 1874, il a mesuré le passage de Vénus devant le Soleil. À 32 ans, il a même dirigé l'expédition qui s'est rendue à Nouméa pour cette observation ! Ces expéditions lointaines ont pour objectif de préciser la valeur de la distance entre le Soleil et la Terre, en chronométrant le début et la fin du transit. Mais les astronomes se heurtent à l'époque au « phénomène de la goutte noire ». Lorsque Vénus arrive contre le Soleil, sa petite sil-





Cinquième en partant de la gauche, Charles André est le premier directeur de l'observatoire. La photo est prise en 1912 par Auguste Lumière, codécouvreur du cinématographe. DR

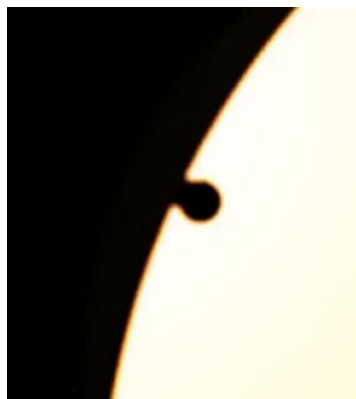
houette noire bave sur le bord du disque solaire. Cela affecte la qualité des mesures ! On sait aujourd'hui que cela est dû à la diffraction de la lumière.

Un tunnel pour la « goutte noire »

Pour tenter de le démontrer par l'expérience, Charles André fait creuser un tunnel de 130 m de long sous l'observatoire. Étrange pour un lieu censé se tourner vers les étoiles ! Cette installation lui permet de reproduire des transits artificiels à l'une des extrémités, qu'il étudie depuis l'autre bout. En se

déroulant sous terre, ces expériences peuvent être menées de jour comme de nuit, sans perturbation de l'atmosphère. « *Le tunnel servait aussi à mesurer les « équations personnelles » des observateurs travaillant dans les méridiennes* », explique Emmanuel Pécontal. Au XX^e siècle, le défilement des astres dans le ciel (généralement en visant le méridien, c'est-à-dire plein sud) se chronométrait à la main. Et ces temps de passage pouvaient varier de plusieurs dixièmes de seconde selon le délai de réaction ou l'acuité visuelle de chacun. On corrigeait alors

La « goutte noire » survient lors du transit de Vénus devant le Soleil. Ce phénomène dû à la diffraction empêche de mesurer avec précision la distance Terre-Soleil. DR



Un tunnel de 130 m de long est construit pour mener des expériences de diffraction de la lumière.

© G. Langin/C&E

Le Grand Méridien abrite une lunette qui, en visant plein sud, permet de chronométrer le passage des astres dans le ciel au cours de la nuit. Ici, l'astronome vérifie le bon alignement de l'instrument. DR

les données par l'«équation personnelle» du scientifique, c'est-à-dire sa tendance naturelle à être un peu en avance ou en retard.

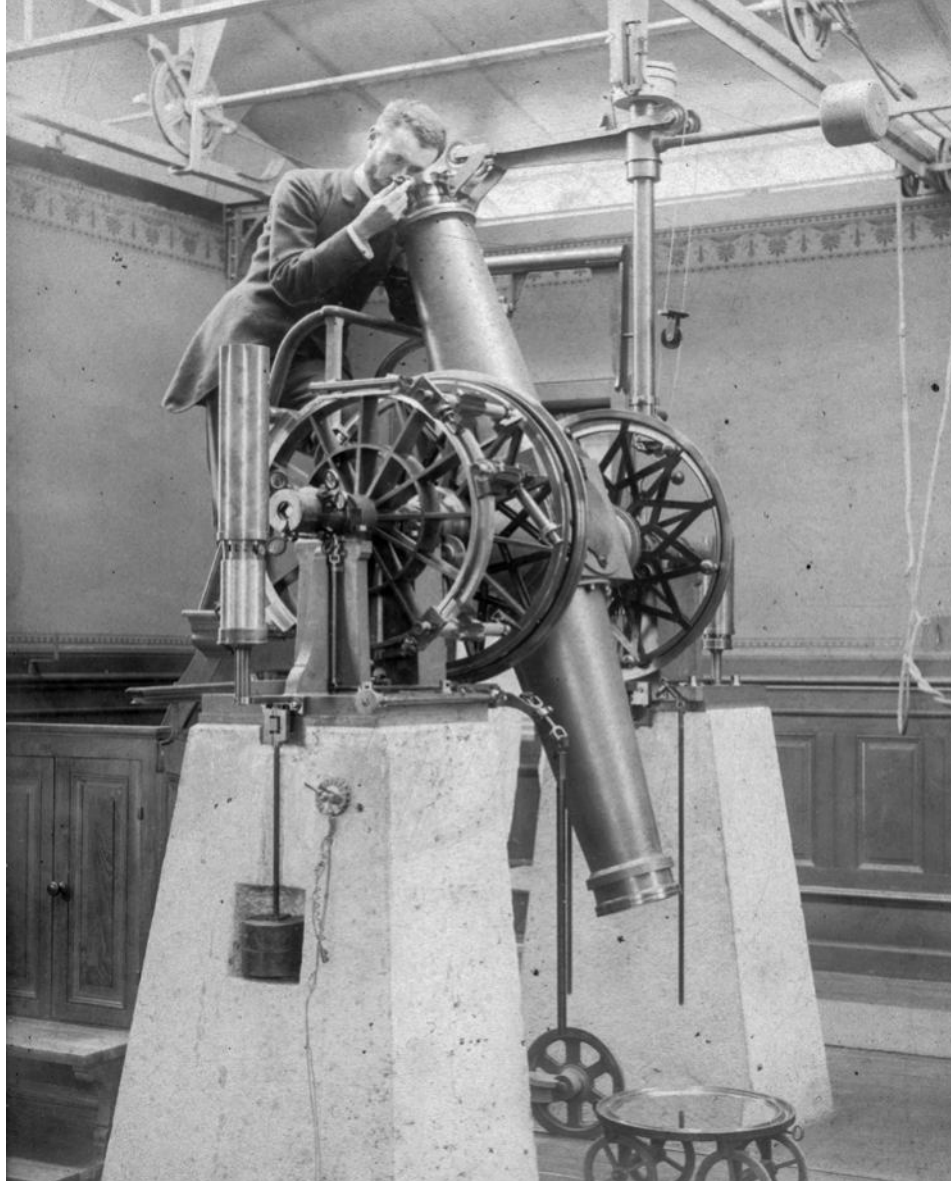
Une lunette digne de Jules Verne

Le tunnel relie le château d'eau au fleuron de l'observatoire : la grande lunette équatoriale cou-dée, digne d'un roman de Jules Verne. L'instrument est mis en service dès 1887. Il n'en existe que sept exemplaires dans le monde, dont cinq en France. « *Sa qualité optique était géniale, grâce à l'avènement du polissage et du fouscaltage, un test pour mesurer l'aberration des miroirs* », décrit Emmanuel Pécontal.

À la toute fin du XIX^e siècle, le premier succès du jeune observatoire est de mesurer la « nutation de Chandler ». Il s'agit là d'une petite oscillation de l'axe de la rotation de la Terre. Elle est due aux forces de marées qu'infligent la Lune et le Soleil à notre planète et vient s'ajouter à la précession. Puis Lyon se spécialise dans les étoiles variables à partir de 1898. « *Elles étaient des objets exotiques à l'époque* », rappelle Emmanuel Pécontal. On comprenait alors que ces pulsations stellaires concernaient des phases importantes de la vie des étoiles : leur naissance et leur mort. À peine dix ans plus tard, l'Américaine Henrietta Leavitt établira la relation entre leur période et leur luminosité. Une « loi de Leavitt » grâce à laquelle l'astrophysique mesure aujourd'hui encore les distances d'une galaxie à une autre.

Première femme en 1919

Charles André décède en 1912 et son successeur Jean Mascart poursuit l'étude des étoiles variables. À l'été 1919, il repère la jeune Marie Bloch, qu'il recrute comme stagiaire. Elle devient la première femme astronome de l'observatoire de Lyon, avec pour principale occupation ce même sujet d'étude. Outre-Atlantique, l'Association américaine des observateurs d'étoiles variables (AAVSO) a été créée. Son équivalent français (AFOEV) voit le jour en 1921. Lyon forme ses observateurs amateurs, centralise leurs mesures et publie un bulletin d'information.



Jean Mascart devient en 1912 le deuxième directeur de l'observatoire de Lyon. Il y développe l'étude des étoiles variables. DR



Première femme astronome à Lyon, Marie Bloch y commence ses travaux en 1919. DR

Outre Lyon, Bordeaux et Besançon, deux autres observatoires français ont vu le jour au tournant des années 1880. Un second observatoire de Paris spécialisé dans l'astronomie physique (devenue l'astrophysique) est créé dès 1874. Il s'établira à Meudon, au sud-ouest de Paris. À Nice, le mécène Raphaël Bischoffsheim fait poser en 1881 les premières pierres d'un observatoire qui restera privé

jusqu'à sa mort en 1906. Le site est considéré alors comme le mieux équipé de France.

Fuir Urbain et l'urbanisme

La création de ces observatoires offre aux astronomes l'occasion de s'émanciper d'Urbain Le Verrier. Le directeur de l'observatoire de Paris est resté dans l'histoire pour deux raisons : sa découverte de Neptune et son caractère odieux, qui a poussé à la démission des dizaines de chercheurs. Limogé par décret impérial en 1870, Le Verrier reprend son poste trois ans après, suite à la mort prématurée de son successeur. « *C'est un homme qui crèvera trop tard* », écrit à son sujet le premier directeur de l'observatoire de Bordeaux, Georges Rayet, également issu de Paris, dans une lettre pour Charles André.

Mais pour Emmanuel Pécontal, cette décentralisation n'aura été qu'en demi-teinte. Dans les décennies qui suivent, les financements continuent de venir d'en haut. Et les effectifs demeurent réduits sous les coupes de province. En 1920, la France compte cent astronomes. Un tiers d'entre eux sont à Paris, où l'on s'entête à les employer pour des observations du ciel qui ne sont plus compétitives, eu égard à la pollution lumineuse croissante. Ces

En ballotage avec la commune de Sainte-Foy-lès-Lyon, ce sont finalement les hauteurs de Saint-Genis-Laval qui sont choisies pour accueillir l'observatoire de Lyon, au sud-ouest de la capitale rhodanienne. DR





COUDÉ EN PERDITION

Aujourd'hui, l'abri qui protège la lunette équatoriale coudée de Lyon reste tristement fermé. À l'intérieur du bâtiment, les absorbeurs d'humidité et autres capteurs maintiennent les boiseries de l'époque en vie, dans l'attente qu'un financement pour sa restauration soit trouvé. De 2013 à 2017, 500 000 € y ont été consacrés. Mais cette somme a vite été engloutie, au regard du coût exorbitant des rénovations patrimoniales. Le chantier est interrompu depuis. « *J'ai tenté de contacter le Loto du patrimoine de Stéphane Bern pour que la lunette y figure. Sans succès* », témoigne Emmanuel Pécontal, dépité.

Le bâtiment fermé de la grande lunette équatoriale coudée, en 2025. © G. Langin/C&E

observatoires construits trop près des villes « *vont peu à peu se transformer en laboratoires de recherche pure, ou éventuellement en centres de réalisation instrumentale* », note l'historien. C'est le cas de Lyon, qui équipe à présent les grands télescopes installés au Chili. Après avoir piloté la conception du spectrographe Muse pour le Very Large Telescope, il vient de fournir deux spectromètres de l'in-

strument 4MOST, qui s'est allumé fin 2025 sur le télescope Vista. Vous pourrez apercevoir les salles blanches où sont confectionnés ces instruments de précision pendant les journées portes ouvertes de l'observatoire, les 19 et 20 juin 2026. Entre les télescopes de Saint-Genis-Laval, les astronomes vous raconteront leurs travaux d'aujourd'hui... Et ceux de leurs illustres prédécesseurs! 🌀



Dans les années 1960, d'autres coupoles ont été bâties à l'observatoire (en bas à droite). Leurs télescopes servent aujourd'hui aux étudiants et à la Société astronomique de Lyon. DR

AU SOMMET DE PLUTON

Bien au-delà de Neptune, Pluton est une planète naine plus petite que la Lune. Et aux paysages étrangement plus variés. Visite guidée dans ces confins glacés du Système solaire.

Émilie Martin

Vous êtes à bout de force. La gravité a beau être 16 fois moindre qu'elle ne l'est sur Terre, l'ascension vous demande tout de même de sérieux efforts physiques et une concentration intense. Il s'agit de ne pas glisser le long de ces vertigineuses pentes glacées, de ne pas perforer votre scaphandre. Encore quelques pas... Vous

y êtes enfin : le sommet du «T2». À 6 200 m d'altitude, c'est le plus haut pic des monts Tenzing, eux-mêmes les plus hautes montagnes à la surface de Pluton. Sur ce monde reculé, la température moyenne est de -235°C . Quasiment tout, y compris le relief que vous êtes en train d'arpenter, est fait d'une glace d'eau, dure comme du granit.



Du haut de ce promontoire, que vous êtes le tout premier astronaute à atteindre, le panorama est encore plus fou que vous ne l'aviez imaginé.

Évidemment, la luminosité est faible. Ici, le Soleil, simple point brillant à l'horizon, éclaire mille fois moins que sur Terre. Mais il fait tout de même plus clair qu'attendu. Suffisamment en tout cas pour apprécier la vue. Devant vous vers le nord-est s'étire le fameux « cœur » de Pluton. Vous aviez si souvent rêvé de ce paysage inouï révélé en 2015 par la sonde New Horizons et nommé « la région Tombaugh » en l'honneur de Clyde Tombaugh, le découvreur de la planète naine. De là où vous êtes, il vous est impossible de percevoir toute l'étendue de cette région gigantesque qui couvre 1600 km d'est en ouest et 1200 km du nord au sud. Mais vous pouvez observer sans peine la partie ouest du cœur par-delà les autres sommets des monts Tenzing, au premier plan. Sputnik Planitia est une immense



Du manteau souterrain aux montagnes les plus hautes, presque tout sur Pluton est fait de glace d'eau. La région gigantesque en forme de cœur est, elle, constituée de glace d'azote. Le sommet des monts Tenzing offre un panorama imprenable sur Sputnik Planitia, la partie ouest du cœur. Illustration : © O. Hodasava pour CSE

Points culminants de Pluton, les monts Tenzing s'élèvent jusqu'à 6200 m d'altitude. Ils sont photographiés ici par la sonde New Horizons. Ces gigantesques montagnes de glace d'eau sont particulièrement pointues. Leurs pentes dépassent les 40° !

© Nasa/JHU-APL/SRI



Cette image réalisée par New Horizons à 17 000 km de distance de Pluton couvre une bande de 80 km de large située au nord-ouest de Tombaugh Regio. À gauche, les monts Al-Idrisi flirtent avec le cœur de Pluton, gigantesque patinoire d'azote dont on distingue les structures polygonales, résultat de lents mouvements de convection.

© Nasa/JHU-APL/SRI



Dans l'atmosphère de Pluton, une chimie sophistiquée produit des aérosols organiques (notamment de l'acétylène et de l'éthylène) qui diffusent préférentiellement dans les longueurs d'onde courtes. Sur 200 km au-dessus de la planète naine s'élève donc une singulière brume bleue, ici photographiée en vraies couleurs par New Horizons.

© Nasa/Johns Hopkins Univ./ Southwest Research Inst.



plaine en apparence aussi plate qu'une table de billard. En réalité, c'est un bassin d'impact de 2,5 km de profondeur qui a été comblé par un glacier non pas d'eau, mais d'azote. Ce gaz est le constituant principal de la fine atmosphère de Pluton. Il se condense et se solidifie dans les conditions de température plus faible et de pression plus élevée qui règnent au fond de la dépression. Pas un cratère n'altère la pureté de l'interminable patinoire, ce qui suggère que la langue glaciaire est très jeune à l'échelle géologique. Un million d'années au maximum, et même plus probablement 180 000 ans, estiment les astronomes à la lumière des données de New Horizons.

Une mosaïque de polygones

À l'aide de vos jumelles intégrées à votre scaphandre, vous parcourez Sputnik Planitia à la recherche de détails de glace. Trouvés ! Ça et là, les abords se découpent en une mosaïque de polygones de 20 à 30 km de diamètre chacun. Ces motifs résultent des très lents mouvements de convection qui animent cette zone du « cœur ». L'azote, légèrement plus chaud en profondeur, se liquéfie partiellement et remonte en surface par endroits avant de replonger, dessinant cette curieuse dentelle glacée. À travers vos jumelles, vous distinguez aussi au bord de Sputnik une myriade de petites « îles » : des icebergs. Détachés des massifs montagneux environnants, ces blocs de glace d'eau (moins dense que l'azote) dérivent à la surface de la patinoire.

Vous pourriez passer des heures à contempler ce fascinant cœur qui cache encore bien des secrets,

Ces blocs de glace dérivent à la surface car ils sont composés d'eau, moins dense que l'azote

mais vous savez que votre temps au sommet est compté. L'ascension a été éprouvante et, malgré vos bottes isolantes, un froid brutal gagne désormais vos pieds. Vous faites quelques pas entre les rocs glacés afin de découvrir l'autre côté de la scène. Vers l'ouest, le paysage est radicalement différent, à tel point que vous avez le sentiment d'être subitement sur une autre planète. Au lieu d'une vaste plaine blanche et fraîche, c'est un chaos pourpre, bosselé et cratérisé qui s'offre à votre regard.

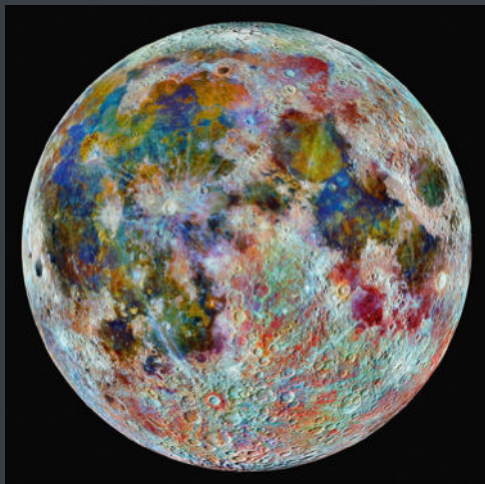
Vous vous souvenez maintenant de ce que vous aviez lu à ce sujet : Pluton est, avec la lune de Saturne Japet, le corps le plus contrasté de tout le Système solaire. Ce qui confère à cette partie du globe sa teinte particulière, ce sont les aérosols organiques. Nés dans l'atmosphère de la planète naine d'une chimie complexe mêlant l'azote et le méthane, ils retombent au sol en fine neige rougeâtre. Pourquoi ces précipitations ne concernent-elles qu'un seul côté de Pluton ? On ne le sait pas encore. Les modèles numériques suggèrent que la circulation atmosphérique, de concert avec la topographie, piège les particules dans cette zone, à l'ouest des monts Tenzing.

Avant d'entamer la redescente qui s'annonce rude, vous prenez le temps de lever les yeux vers le ciel. L'atmosphère plutonienne est bien trop ténue (cent mille fois moins dense que celle de la Terre) pour

diffuser la lumière du pâle Soleil. De jour comme de nuit, la voûte céleste demeure donc noire, piquée d'étoiles bien visibles. Sauf à l'horizon. Car lorsque les rayons solaires rasant la surface, ils traversent une bien plus grande épaisseur d'atmosphère, multipliant les interactions avec les aérosols organiques. Or, ceux-ci diffusent préférentiellement les courtes longueurs d'onde, de sorte qu'un somptueux limbe bleuté s'élève sur 200 km au-dessus de la planète.

Mais où est Charon ?

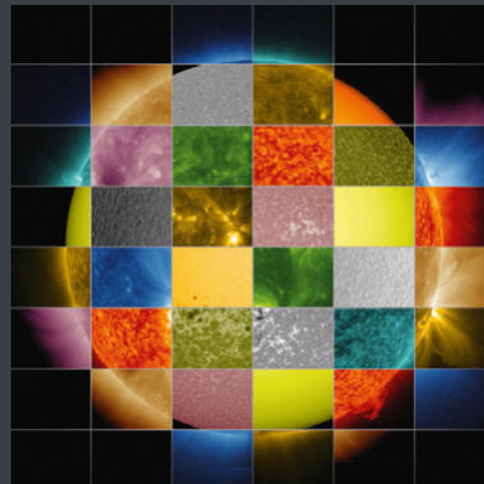
En quittant le sommet du T2, vous vous faites la réflexion qu'un seul élément manque à ce tableau fabuleux : Charon. C'est normal : le gros satellite de Pluton (1200 km de diamètre, contre 2400 km pour la planète naine) n'est jamais visible depuis cet hémisphère. Les membres de ce duo gravitationnel sont en effet figés en rotation synchrone, l'un présentant toujours la même face à l'autre, dans un tête-à-tête infini. Impossible donc de contempler Charon depuis les monts Tenzing. Pour pouvoir l'admirer, il n'y a pas d'autre choix que de changer de point de vue. Qu'à cela ne tienne, vous réjouissez-vous, ce sera l'objet d'un prochain voyage extraterrestre ! 🚀



1 / Géologie et couleurs lunaires. Auteur : Alain Paillou



2 / Jupiter (NIRCcam, JWST)



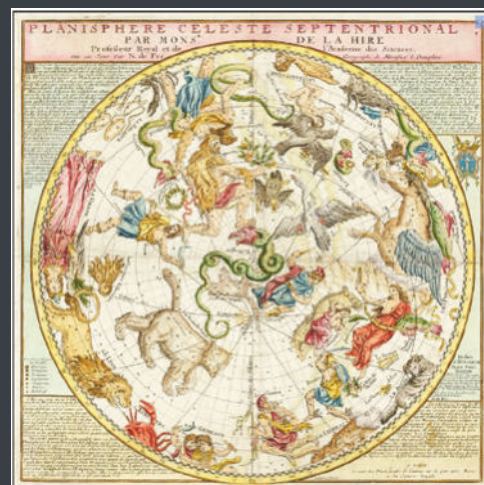
3 / Le Soleil par Solar Dynamics Observatory



4 / Lever de Terre



5 / Première image de Mars par la sonde Hope.
Auteur : Thomas Appéré



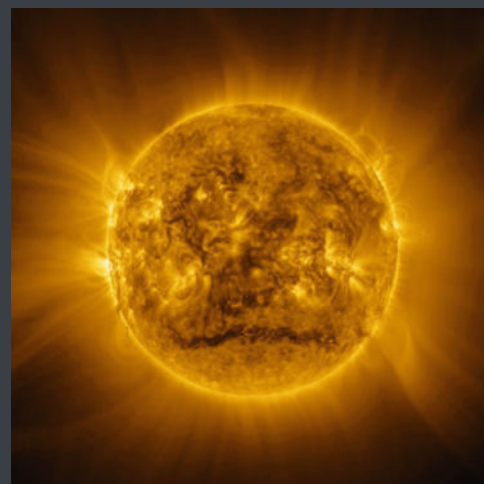
6 / Planisphère céleste septentrional de 1720



7 / Pluton par la sonde New Horizons



8 / Saturne par la sonde Cassini



9 / La plus vaste image du Soleil en haute résolution
jamais réalisée par Solar Orbiter.

BON DE COMMANDE à retourner accompagné de son règlement, à
GALLERY ASTRO - AFA 17, rue Émile-Deutsch-de-la-Meurthe 75014 Paris - 01 45 89 81 44

909330

* impressions souples, directes ou contrecollées sur une plaque d'aluminium de 1 mm ou de dibon avec au dos des barres d'accrochage pour une fixation parfaite.

TOUT POUR SE PRÉPARER À LA GRANDE ÉCLIPSE DU 12 AOÛT!

Informar, protéger, animer. Telles sont les missions que s'est données l'Association française d'astronomie (AFA) pour permettre à toutes et à tous de profiter de la grande éclipse de Soleil du 12 août 2026. Présentation du dispositif « Éclipse info » déployé par l'AFA pour cette occasion spéciale.

Guillaume Langin

Bienvenue au Club!

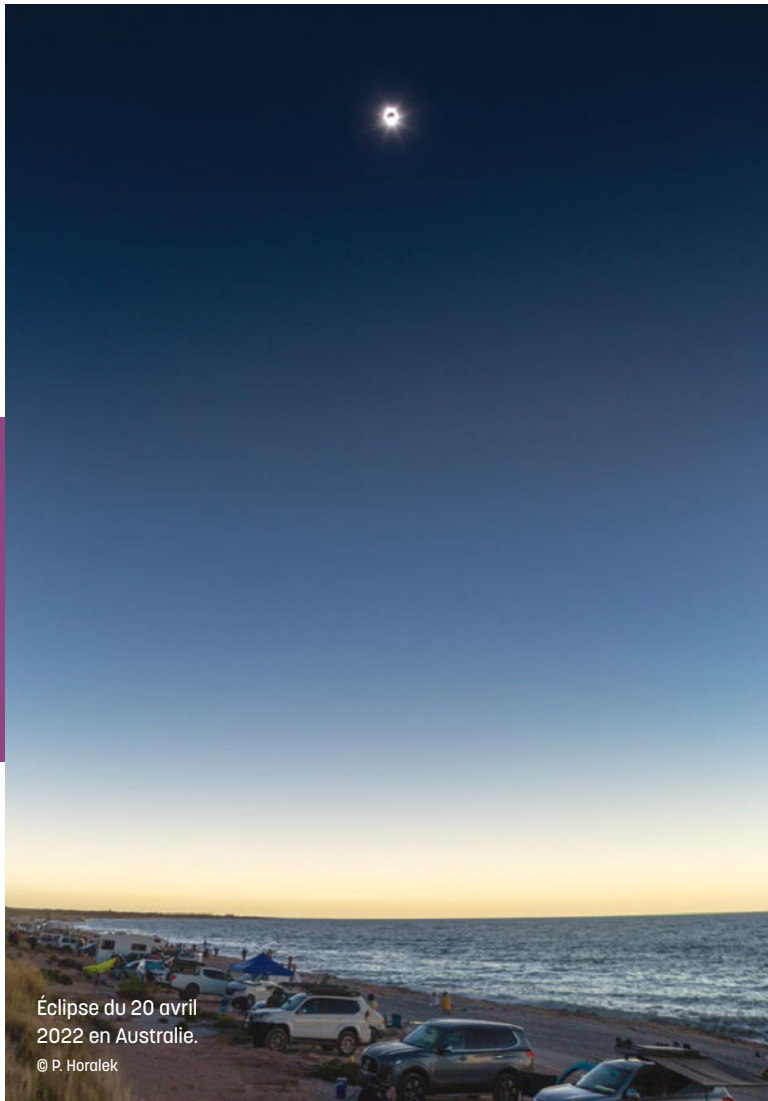
L'Académie des sciences, le Cnes, l'observatoire de Paris, le CEA, l'Institut d'astrophysique spatiale... De nombreuses institutions ont d'ores et déjà rejoint le « Club de l'éclipse » afin de mutualiser les moyens pour que tout un chacun réussisse pleinement son observation. Ces partenaires sont signataires de la charte Éclipseinfo. Consultable en ligne, elle est garante de la coordination des efforts, établissant un cadre pour l'accueil du public et la bonne diffusion des connaissances en astronomie.

Des lunettes pour tous

Essentielles pour contempler le Soleil en toute sécurité, les lunettes d'observation Éclipseinfo peuvent être commandées sans attendre. Certifiées conformes (norme ISO 12312-2), elles sont indispensables pendant toutes les phases partielles du phénomène. L'AFA propose à toute structure recevant du public de se constituer un stock de lunettes à moindre coût, après signature de la charte Éclipseinfo. À l'approche de l'été, guettez également les différentes parutions de *Ciel & espace*. Un petit cadeau pourrait accompagner votre magazine préféré!

Une formation « montreur d'éclipse »

Qu'est-ce qu'une éclipse? Qui est le Soleil? Que sont l'ombre et la pénombre? À l'issue d'une journée de formation élaborée par l'AFA, les



Éclipse du 20 avril 2022 en Australie.

© P. Horalek



Des lunettes
«éclipse» sont
diffusées par l'AFA.
© J.-L. Dauvergne/C&E

nouveaux «montreurs d'éclipse» auront toutes les réponses aux questions du public. En sus de la théorie est également enseignée l'organisation d'une animation publique avec des méthodes d'observation sécurisées. Via son réseau national d'écoles d'astronomie, l'AFA compte former plus de 300 montreurs et montreuses d'éclipse.

Informen en France

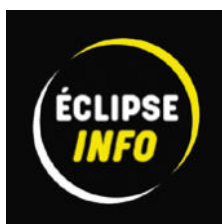
Dès septembre 2025, l'AFA a commencé d'informer plus de 300 collectivités françaises au sujet de l'éclipse, permettant d'accompagner et renforcer la préparation des clubs et associations d'astronomie. Anticiper la venue du phénomène, dont de nombreux médias risquent de ne parler que dans les derniers instants, est clé. C'est un enjeu de santé publique et de culture scientifique duquel l'AFA s'est saisi, afin de s'assurer que le public pourra observer ce fabuleux spectacle !

Expo d'exception

« Pour enrichir son offre pédagogique et culturelle, l'AFA conçoit également une exposition autour de l'éclipse, révèle Thomas Vincent, chargé du projet. Celle-ci s'adresse à toute structure souhaitant intéresser son public à l'événement, mais aussi l'informer dans les mois qui le précèdent. » Bibliothèques, villages vacances, campings, MJC, établissements scolaires peuvent se procurer les panneaux d'exposition faisant la lumière sur le Soleil et la Lune, et la meilleure façon d'observer leur pas de deux céleste.

L'AFA compte
former plus de
300 montreurs
et montreuses
d'éclipse

Rendez-vous sur
www.eclipseinfo.fr



STAGES ET FORMATIONS À L'OBSERVATION ASTRONOMIQUE



1^{re} ÉTOILE ★

Le **4** avril à Buthiers (77)
Le **11** avril à Paris (75) et à Mailly-le-Château (89)
Le **18** avril à Paris (75), à Rouvroy-les-Merles (60) et à Cailhavel (11)
Le **25** avril à Vaulx-en-Velin (69) et à Latrape (31)
Le **9** mai à Paris (75)
Le **16** mai à Dijon (21)
Le **30** mai à Vaulx-en-Velin (69) et à Aillon-le-Jeune (73)

2^e ÉTOILE ★ ★

Le **4** avril à Fontaine-sous-Jouy (27)
Le **25** avril à Aillon-le-Jeune (73) et à Evires (74)
Le **26** avril à Latrape (31)
Le **16** mai à Ales (30)
Le **23** mai à Rouvroy-les-Merles (60)

STAGE 1^{re} ÉTOILE ★ ET 2^e ÉTOILE ★ ★

Du **17** au **19** avril à Mesnil-Saint-Père (10)

3^e ÉTOILE ★ ★ ★

Le **11** avril à Laval (53)

Découvrez tous les autres
stages 1, 2, 3 étoiles sur
www.afastronomie.fr/les-stages-1-2-3-etoiles

LE SOLEIL AU CŒUR DES NUITS DES ÉTOILES 2026

Guillaume Langin

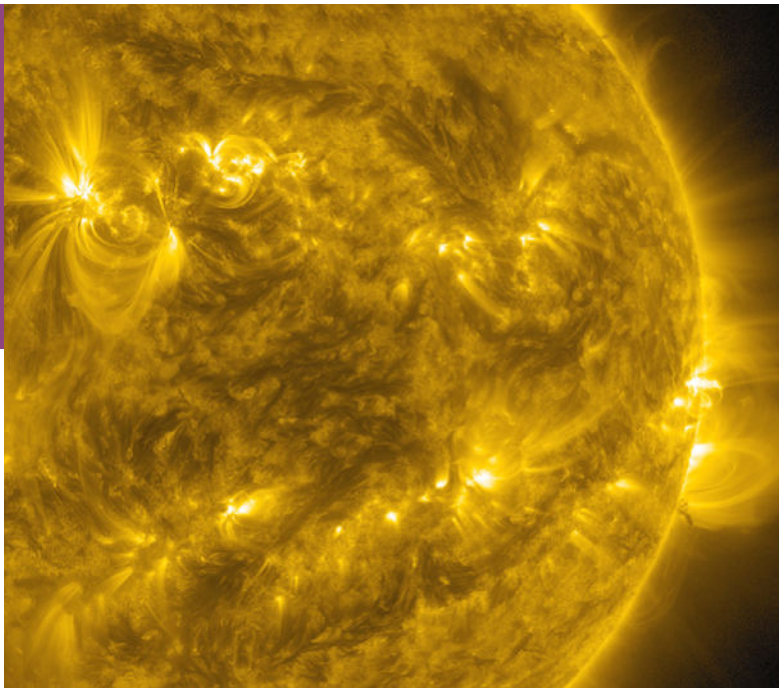
L'éclipse ne les éclipsa pas ! Comme chaque été, les Nuits des étoiles (NDE) auront lieu partout en France. Prenez date, la 36^e édition du plus grand festival d'astronomie du pays se tiendra les 7, 8 et 9 août 2026. Cette année, « les » Nuits des étoiles seront même l'occasion d'enclencher le compte à rebours inédit de « la » Nuit de l'étoile. Il atteindra son terme le soir du 12 août 2026, lorsque notre étoile le Soleil sera éclipsée par la Lune à plus de 90 % sur l'ensemble de l'Hexagone.

C'est naturellement le Soleil qui sera au centre de la thématique des NDE 2026. Actuellement au maximum de son cycle d'activité, notre étoile nous a gratifiés ces deux dernières années de puissantes éruptions. Au terme de leur voyage, les bouffées

de particules énergétiques émises dans l'espace interplanétaire ont atteint notre atmosphère. Elles y ont généré de sublimes aurores colorées, pour certaines visibles jusqu'en France métropolitaine. Grâce à l'héliophysique, les scientifiques sont aujourd'hui en passe de prévoir les sautes d'humeur de notre étoile. Autant de soubresauts qui influencent la forme et la taille de la couronne solaire. Quelques jours plus tard, celles et ceux qui auront l'opportunité de se rendre en Espagne ou en Islande, où l'éclipse sera totale, pourront admirer par eux-mêmes toute l'étendue de cette couronne. La promesse d'un fantastique spectacle !

Comme chaque été, des étoiles filantes s'inviteront aux « Nuits ». Ce sont les Perséides dont l'activité culmine cette année dans la nuit

Notre Soleil sera
au cœur des Nuits
des étoiles 2026.
© ESO et C. Birnbaum





Notre étoile est à l'origine des aurores qui ont illuminé le ciel en début d'année. © E. Beaudoin

du 12 au 13 août, c'est-à-dire quelques heures à peine après l'éclipse! Ces poussières cométaires qui saupoudrent l'atmosphère de notre planète sont à l'origine de la création des Nuits des étoiles, il y a plus de trois décennies.

L'Association française d'astronomie (AFA) et l'ensemble des clubs et associations d'astronomie se préparent à organiser durant les NDE des centaines de manifestations gratuites. Les structures accueillant le public sont invitées à inscrire leur événement sur le site de l'AFA. Pour les curieux du ciel, ces soirées sont comme toujours l'occasion de s'initier à l'astronomie, regarder dans un télescope, et contempler la voûte céleste dans la douceur d'une nuit d'été. Sans oublier, en 2026, de célébrer notre étoile le Soleil.

L'AFA PRÉSENTE À LA MEGA STAR PARTY

Les animateurs et animatrices de l'Association française d'astronomie participeront à la « Mega Star Party » organisée le 18 avril 2026 par le Parc aux étoiles, à Triel-sur-Seine. Au menu de ces festivités

ouvertes au public : observations du Soleil, fabrication de carte du ciel et de maquettes du Système solaire pour les familles. Vice-présidente de l'AFA, l'astrochimiste Caroline Freissinet y donnera également une conférence sur la recherche de la vie dans l'Univers. Le Parc aux étoiles est l'école d'astronomie de l'AFA dans les Yvelines, proposant des formations pour petits et grands tout au long de l'année.

GL

<https://parcauxetoiles.gpseo.fr>

Rendez-vous le 18 avril 2026
à Triel-sur-Seine.



NOS VOYAGES

CHILI, VOYAGE ASTRONOMIQUE DANS L'ATACAMA

du 2 au 13 octobre 2026 - 6231 €



TOSCANE SUR LES TRACES DE GALILÉE

du 11 au 16 octobre 2026, 2079 €



ÉCLIPSE CROISIÈRE AU GROENLAND

du 6 au 14 août 2026, à partir de 7400 €



Tous nos prochains voyages :

www.afastronomie.fr, rubrique « Voyager »

LA GALAXIE DU TOURNESOL, UNE SPIRALE ISOLÉE ET CAPTIVANTE

L'une des galaxies proches les plus intéressantes pour les astronomes se trouve à portée de petit télescope, juste en dessous de la Grande Ourse. M 63 est une galaxie spirale remarquable dont les scientifiques essaient toujours de percer les secrets.

Philippe Henarejos

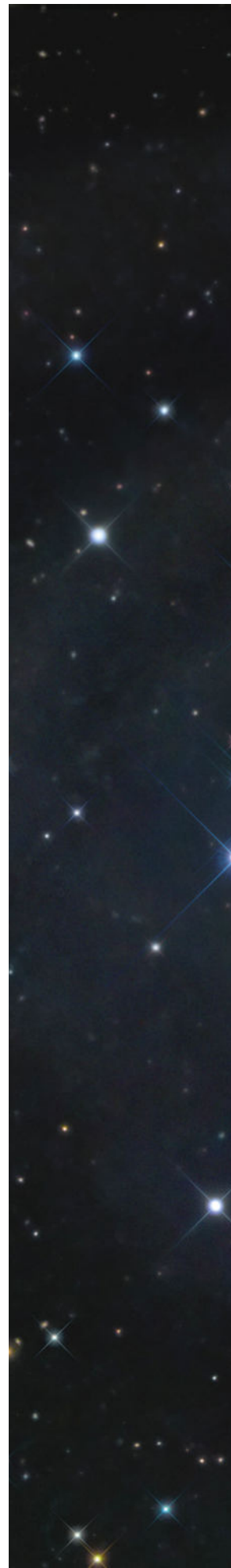
Depuis de nombreuses décennies, les astronomes l'appellent la galaxie du Tournesol. Découverte le 14 juin 1779 par le Français Pierre Méchain, M 63 a en effet vaguement l'apparence de l'une de ces fleurs qui suivent la course de Soleil. Du moins, à l'oculaire d'un petit télescope. Observée la nuit de sa découverte par Charles Messier, cette galaxie n'est pas seulement une curiosité pour les astronomes amateurs. Les professionnels qui l'ont photographiée en détail dès le milieu du XX^e siècle, y ont vu une spirale aux bras multiples et peu marqués. Le premier à décrire ceux-ci a été l'Irlandais William Parsons, alias lord Rosse, autour de 1850, grâce à son télescope géant de 1,8 m de diamètre baptisé le Léviathan.

Par la suite, les techniques photographiques ont permis de mieux caractériser ces spirales multiples et discrètes. Au point que les spécialistes ont inventé un terme pour désigner celles qui ressemblent à M 63 ; ils les appellent les galaxies floculentes ou cotonneuses. Cela tient à leur aspect sur les clichés profonds et résolus. En lieu et place de bras spiraux nettement plus lumineux que le reste, ces galaxies montrent bien une structure spiralée,

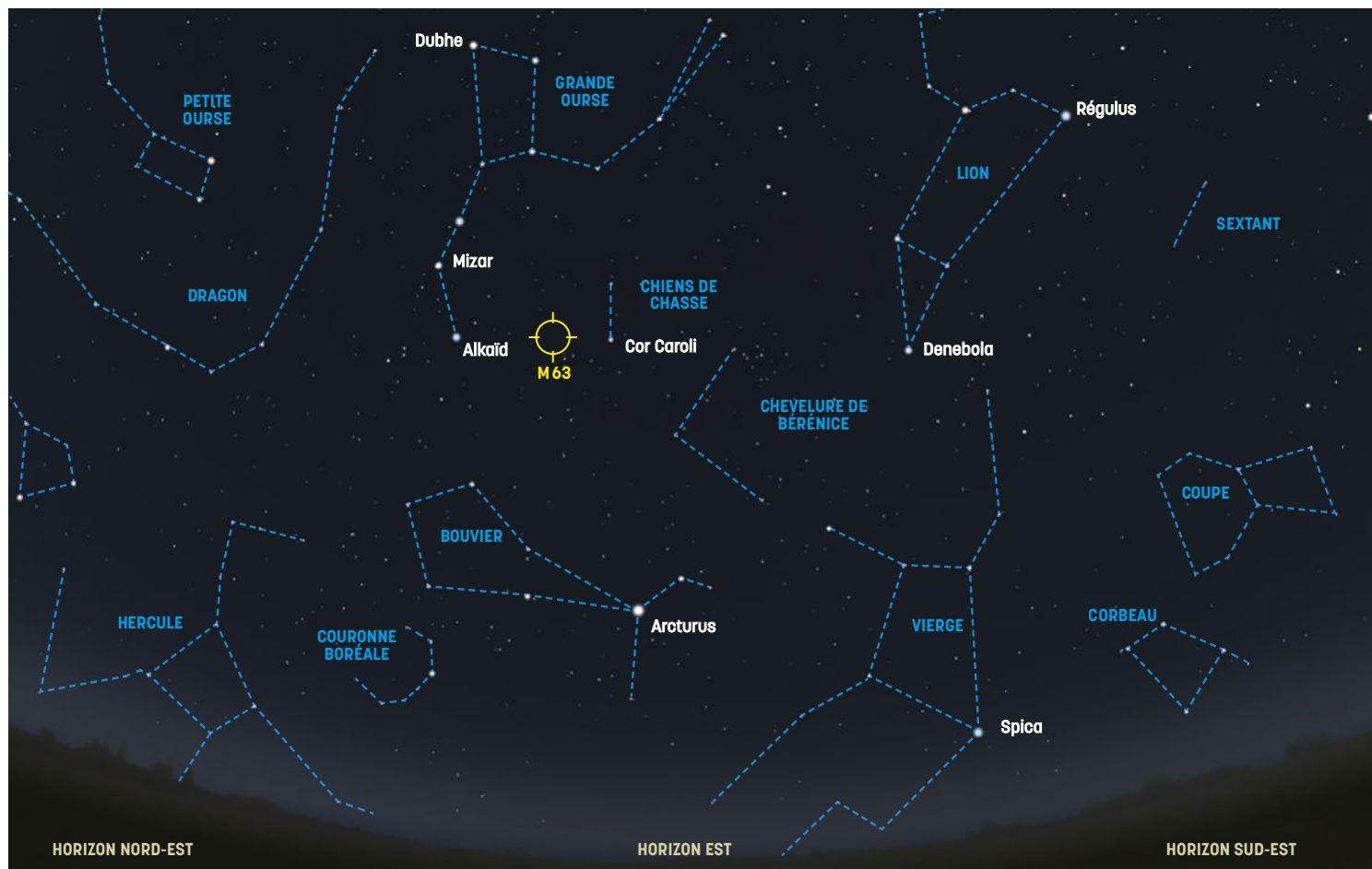
mais dans laquelle il est peu évident de discerner les bras. De plus, les régions brillantes formées par des amas d'étoiles et des nébuleuses ont l'apparence de petits morceaux de coton disposés sur toute sa surface. M 63 n'est la seule à posséder cette caractéristique. NGC 4414, dans la Chevelure de Bérénice, ou encore NGC 2841, dans la Grande Ourse, sont d'autres beaux exemples de galaxies floculentes. En tout, 30 % des galaxies spirales adoptent cette forme. Seuls 10 % ont des bras très bien dessinés (dits « grand style »). Toutes les autres se situent dans une apparence intermédiaire. Il existe une théorie pour tenter d'expliquer l'aspect cotonneux de M 63 et de ses congénères : les régions de formation d'étoiles se propageraient entre les bras sous l'effet de puissants vents stellaires et des explosions de supernovas. Sur ce point, une seule supernova (de type Ia) a été observée dans M 63, en mai 1971.

Mais avec les galaxies, les choses sont rarement simples. Dans une étude parue en 1996, une équipe d'astronomes ayant observé M 63 dans l'infrarouge proche à l'aide d'un télescope de 1,3 m de l'observatoire américain de Kitt Peak a décelé deux bras

La galaxie M 63 est l'une des stars du ciel profond. Elle fait partie de ces objets célestes qui ont un surnom : la galaxie du Tournesol. Cette image est composée à partir de clichés du télescope spatial Hubble et du télescope de 8,4 m Subaru. Elle révèle l'aspect cotonneux de M 63, ainsi que de fines extensions qui sont des courants d'étoiles résultant de l'absorption de galaxies naines. © R. Gendler, R. Colombari, D. Goldman/NAOJ/Hubble Legacy Archive







La galaxie du Tournesol se cache en dessous du bout du manche de la Grande Casserole. Elle se trouve entre Alkaïd (le bout du manche) et Cor Caroli, deux étoiles assez brillantes pour être facilement vues à l'œil nu. M 63 est aux deux tiers de ce segment en partant d'Alkaïd. Un instrument doté d'un faible grossissement doit permettre de la trouver sans difficulté.



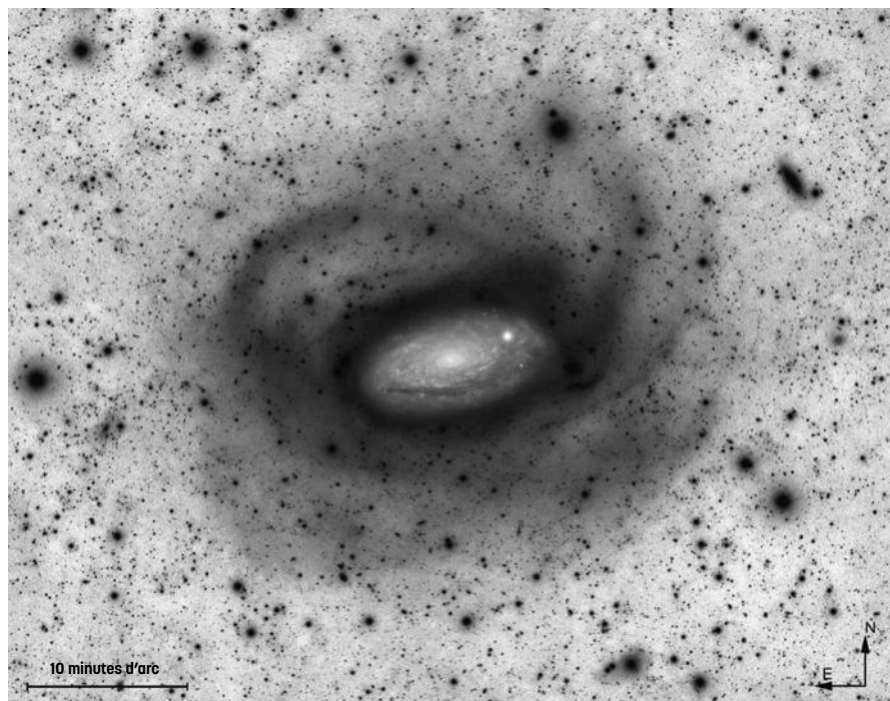
spiraux étendus sur un rayon de 12 000 années-lumière. Comme des bras similaires ont été discernés dans d'autres galaxies flocculentes, il se peut qu'ils soient fréquents et qu'ils résultent d'interactions avec d'autres galaxies bien moins massives.

Cette supposition est appuyée par plusieurs observations, dont la première date de la fin de 1978. Cette année-là, utilisant le télescope de Schmidt du mont Palomar (États-Unis), le Hollandais Piet Van der Kruit met en évidence de subtiles boucles faiblement lumineuses tout autour de la galaxie. Celles-ci seront photographiées par la suite de manière bien plus évidente grâce au progrès de l'imagerie. Il s'agit de courants d'étoiles. Ces boucles restent peu brillantes car elles contiennent relativement peu d'étoiles. Mais l'origine de ces traînées stellaires, observées dans de nombreuses autres galaxies (dont la Voie lactée) fait consensus : elles résultent de l'absorption d'une galaxie naine par M 63, voici au moins 2 milliards d'années. À chaque orbite autour du centre galactique, la petite galaxie a laissé des étoiles le long de sa trajectoire sous l'effet des forces gravitationnelles de M 63. C'est ce qui explique ces arches stellaires.

Une galaxie peu perturbée

L'environnement proche de la belle spirale intéresse les scientifiques. En effet, M 63 semble n'avoir eu de contact avec aucune autre grande galaxie, à part l'absorption de très petites galaxies satellites. Elle appartient bien à un groupe où l'on retrouve M 51, mais celui-ci est très distendu. De ce fait, on considère que M 63 a été très peu perturbée par des interactions gravitationnelles depuis sa formation, voici 13,5 milliards d'années (soit, à peu de chose près, l'âge de l'Univers). Elle permet donc de vérifier les théories de formation des galaxies et les modèles d'Univers. Notamment en ce qui concerne le rôle joué par la matière noire. C'est pour cette raison que l'exploration du halo étendu de M 63 se poursuit. En 2020, une équipe a utilisé une lunette de 140 mm de diamètre (du matériel d'amateur) pour réaliser une photo de plus de 50 h de pose dans le but de révéler le contenu de ce halo. La stratégie a été payante : quatre candidates au titre de galaxies naines, pauvres en étoiles, ont été découvertes. De toutes les recherches menées, il découle que M 63 possède un halo assez pauvre en matière noire.

Les astronomes disposent donc, à proximité, d'un spécimen très intéressant de galaxie spirale. À proxi-



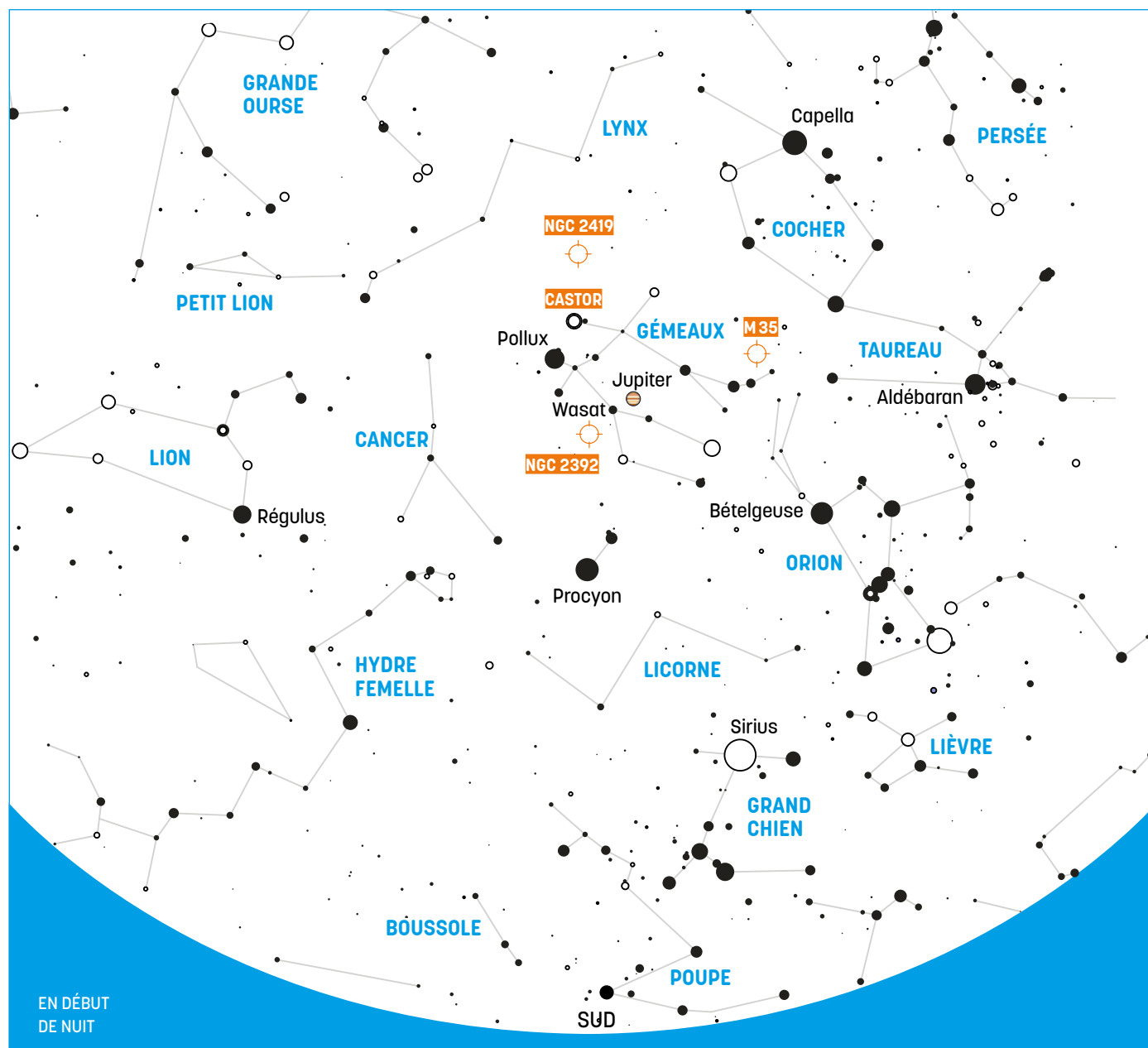
mité, qu'est-ce que cela signifie ? La question reste ouverte ; il est évident que M 63 est proche, mais mesurer sa distance exacte demeure une tâche inachevée. Elle est trop proche pour utiliser la mesure de redshift. Ses mouvements propres sont en effet plus importants que celui imprimé par l'expansion de l'Univers. D'autres méthodes ont été tentées, donnant des résultats compris entre 15 et 34 millions d'années-lumière. En 2017, une équipe a recouru au télescope Hubble pour identifier les étoiles géantes rouges les plus brillantes de M 63 et déduire leur éloignement, à partir de leur magnitude observée. Résultat : 28,9 millions d'années-lumière. Cela confère à cette galaxie de 400 milliards d'étoiles un diamètre de 110 000 a.-l., équivalant à celui de la Voie lactée.

M 63 est accessible aux lunettes aux télescopes, mais elle reste trop faible pour des jumelles. Sous un ciel périurbain, un télescope de 100 mm de diamètre est nécessaire pour la voir de façon confortable. Un grossissement de 25 fois révèle sa forme ovale, dont l'une des extrémités pointe vers une étoile de notre Voie lactée de magnitude 8,9. En poussant à 100 fois, il devient aisé de discerner son noyau brillant. Mais les spirales demeurent invisibles. En revanche, l'aspect cotonneux peut être aperçu avec un télescope de 300 mm ! ☺

Cette photo résulte de 50 h de pose à l'aide d'une lunette de 140 mm. Elle révèle les courants d'étoiles, ainsi que de petites galaxies satellites. Au centre, l'image de la galaxie placée en positif couvre un diamètre, de gauche à droite, de 105 000 années-lumière.

@ I.D. Karachentsev | F. Neyer, R. Späni, T. Zilch

Une
galaxie
aussi
vieille que
l'Univers



RENDEZ UNE VISITE AUX GÉMEAUX

Jupiter culmine à bonne hauteur en début de nuit dans la constellation des Gémeaux. Après l'avoir observée, nous vous proposons un tour des astres remarquables situés à proximité. Étoile double, amas, nébuleuse planétaire : il y en a pour tous les goûts.

Emmanuel Beaudoin

Commencez par Jupiter

Observez la planète Jupiter dès que le ciel s'assombrit, car elle se situe alors au plus haut dans le ciel. Aux jumelles, il est possible de reconnaître le disque jovien et de suivre le ballet des satellites galiléens dès 10x de grossissement. Son diamètre apparent baisse de 38 à 36" d'arc durant le mois d'avril, mais cela reste suffisant pour de belles observations aux instruments. L'aplanissement du globe et les bandes équatoriales sont visibles dans une lunette de 60 mm de diamètre. Dans un télescope de 200 mm, beaucoup de détails apparaissent par faible turbulence. Cherchez par exemple des festons sombres le long de la bande équatoriale nord, ou encore des tourbillons dans la bande sud, à

l'arrière de la Grande Tache rouge. Ce fameux anticyclone présente une belle couleur saumon et ses contours sont

bien définis. Toujours à cette ouverture, les satellites sont résolus et visibles comme des petites billes.



CASTOR, OU ALPHA DES GÉMEAUX

Ascension droite : 7 h 34 min 20 s

Déclinaison : +31° 53'

Magnitude : 2

Castor a été qualifiée par Herschel de « *plus estimable étoile double de l'hémisphère boréal* ». Elle est formée de deux étoiles de type spectral A et de magnitude respectivement 1,9 et 3,0. Ces deux astres situés à 51 années-lumière sont en moyenne à 100 unités astronomiques (1 UA égale la distance Terre-Soleil) l'un de l'autre et orbitent autour de leur centre de gravité commun en 450 ans. Une troisième étoile située à 1000 UA est liée physiquement au couple principal. Il s'agit d'une naine rouge de magnitude 9,5, dénommée YY Geminorum. Chacune de ces étoiles est un système double spectroscopique, si bien qu'Alpha des Gémeaux s'avère être un système sextuple !

Observation

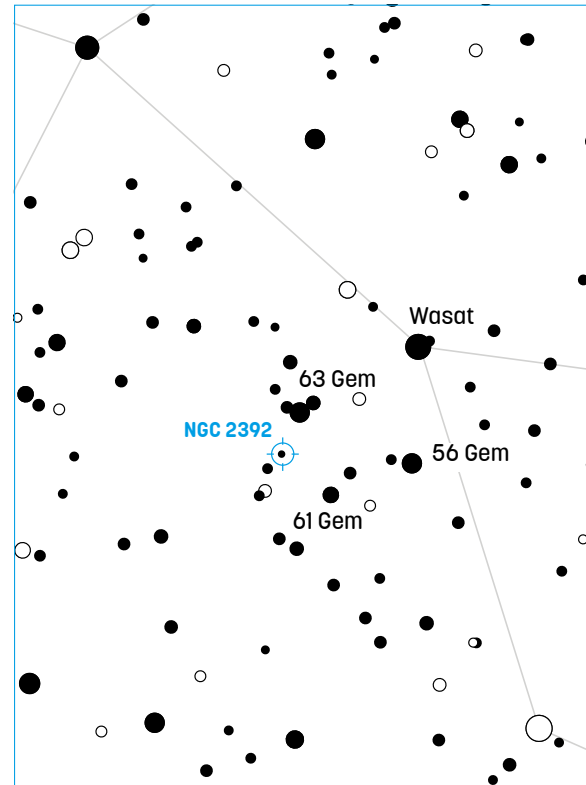
Castor est l'étoile la plus au nord du célèbre duo qu'elle forme avec Pollux, à l'est de Jupiter. C'est une cible de toute beauté dans les petits instruments. La

séparation angulaire entre les deux composantes est supérieure à 5" d'arc. Une lunette de 60 mm de diamètre offre, dès 50x de grossissement, la vision de deux astres blanc pur serrés l'un contre l'autre. Un grossissement de 100x permet une séparation aisée. La troisième étoile est perceptible à cette ouverture, à environ 1' d'arc vers le sud. La couleur brun-rouge de ce petit astre variable (magnitude comprise entre 9,1 et 9,6) apparaît à partir de 100 mm d'ouver-

ture. Un télescope de 150 mm offre une vision spectaculaire et une étoile supplémentaire, également rougeâtre, apparaît à 3' au sud-ouest. Cependant, celle-ci n'est sans doute pas liée physiquement au système de Castor.

Pollux et Castor (à droite) sont les deux étoiles célèbres des Gémeaux. Zoomer sur Castor avec un petit instrument révèle qu'elle est double (médaille)! © R. Bernal Andreo / E. Beaudain





L'AMAS OUVERT MESSIER 35

Ascension droite : 6 h 8 min 50 s

Déclinaison : +24° 20'

Magnitude : 5,5

L'amas M 35 renferme une centaine d'étoiles dans un volume de 20 années-lumière. Il est situé dans la direction quasiment opposée à celle du centre de notre galaxie. Avec un âge de 95 millions d'années, il est déjà peut-être à la moitié de son existence, car les amas ouverts se démantèlent en quelques centaines de millions d'années. Il contient plusieurs étoiles jaunes supergéantes en fin de vie. La proximité du petit amas NGC 2158 est liée à un effet de perspective. Alors que M 35 est situé à environ 2 500 années-lumière de nous, NGC 2158 se trouve six fois plus loin.

Observation

M 35 est perceptible à l'œil nu sous un excellent ciel, au nord-ouest du qua-

drilatère des Gémeaux. C'est une belle condensation lumineuse aux jumelles. Trois ou quatre étoiles sont déjà résolues dans les modèles 10x50. Une lunette de 60 mm permet de dénombrer une douzaine d'astres, avec un grossissement de 30 fois. L'amas devient impressionnant dans un instrument de plus de 100 mm de diamètre : il est résolu en plusieurs dizaines d'étoiles de toutes brillances, regroupées en trois zones distinctes. Quelques-unes présentent une belle coloration orangée.

Avec un télescope de 200 mm, il devient intéressant de scruter l'amas NGC 2158, qui est visible à plus faible ouverture, mais non résolu. À peine granuleux à faible grossissement, il commence à montrer des étoiles à 100x. Cet amas très dense devient magnifique dans des télescopes d'au moins 300 mm d'ouverture : sa surface apparaît constellée d'innombrables étoiles faibles.

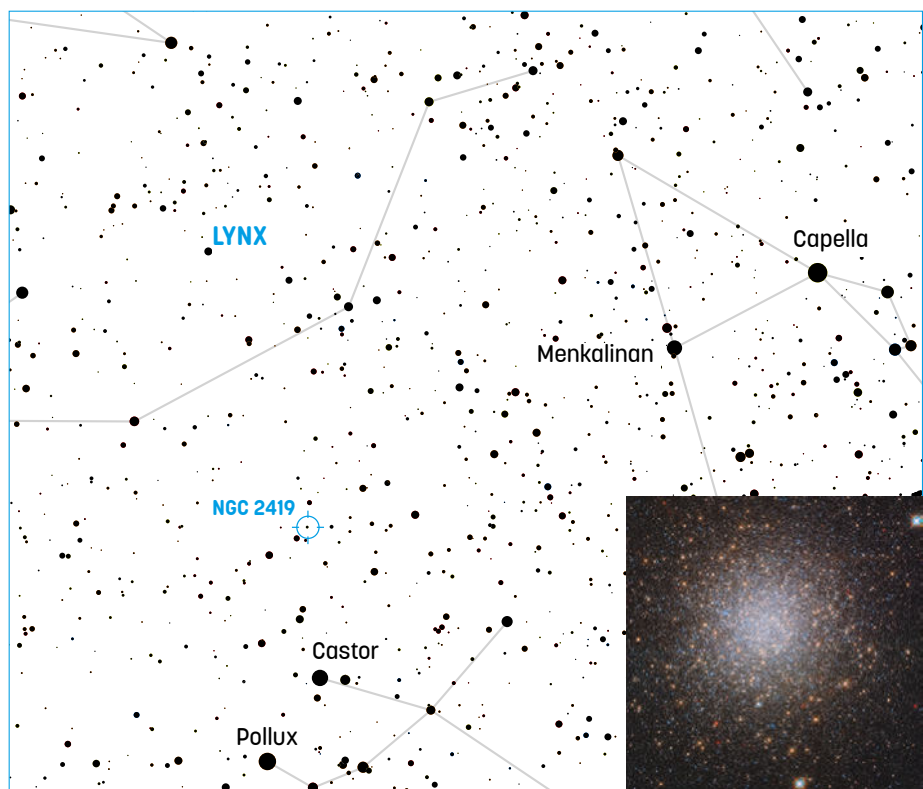
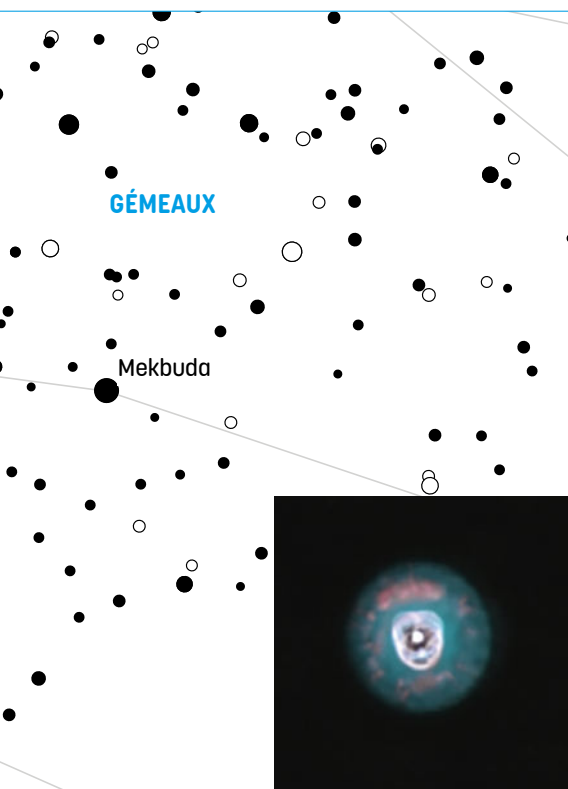
NGC 2392, LA NÉBULEUSE DE L'ESQUIMAU

Ascension droite : 7 h 30 min 30 s

Déclinaison : +20° 52'

Magnitude : 9,5

La nébuleuse planétaire NGC 2392 est une coquille de gaz en expansion éjectée par une étoile en fin de vie, il y a peut-être moins de 1 000 ans. Toutes les étoiles de taille comparable au Soleil s'éteignent de cette manière : elles expulsent leur atmosphère dans l'espace, tandis que leur cœur encore très chaud s'éteint peu à peu. On dénombre seulement un demi-millier de tels astres, car ils se diluent rapidement : NGC 2392 s'étend à près de 100 km/s dans le milieu interstellaire. Sur les photographies, cette nébuleuse fait penser au visage d'un Inuit emmitoufflé dans sa capuche, d'où son surnom. La naine blanche au centre de cette nébuleuse est très brillante : sa température de surface avoisine 40 000 degrés.



Observation

La nébuleuse NGC 2392 se trouve juste 3° au sud-est de l'étoile Wasat, visible à l'œil nu dans un ciel sombre, tout près de Jupiter. Petite et brillante, elle est observable en pleine ville et apparaît sans problème dans une lunette de 60 mm. À 80x de grossissement, son disque minuscule présente un léger renfort lumineux vers le centre. La couleur verdâtre de la nébuleuse et l'étoile centrale sont décelables à partir de 100 mm d'ouverture. Dans un télescope de 200 mm, essayez de faire « clignoter » la nébuleuse de la manière suivante : en regardant un peu à côté de l'objet dans l'oculaire, on a l'impression d'allumer la nébuleuse et d'éteindre l'étoile, et inversement en regardant l'objet de pleine face. Dans le premier cas (vision décalée), on sollicite les bâtonnets de la rétine, très sensibles, mais peu résolvents. Dans le second cas (vision directe), on mobilise les cônes, dont les propriétés sont opposées.

NGC 2419, LE VAGABOND INTERGALACTIQUE

Ascension droite : 7 h 39,3 min

Déclinaison : $+38^\circ 50'$

Magnitude : 9

Avec une taille qui dépasse 250 années-lumière, et une masse un million de fois supérieure à celle du Soleil, NGC 2419 est bien plus impressionnant que la moyenne des amas globulaires. S'il apparaît faiblement dans le ciel, c'est parce qu'il est très éloigné : dix fois plus que le célèbre amas d'Hercule M 13, par exemple. Pour tout dire, cet amas orbite à 300 000 années-lumière du centre de la Voie lactée. C'est deux fois la distance du Grand Nuage de Magellan ! NGC 2419 est si lointain qu'il pourrait un jour échapper à l'attraction de notre galaxie et continuer sa vie tout

seul. Il mériterait alors d'autant plus son surnom de Vagabond intergalactique.

Observation

NGC 2419 appartient à la constellation du Lynx, mais se trouve à seulement quelques degrés au nord de Castor. Grâce à sa magnitude de 9 et à sa compacité, il est facilement visible dans une lunette de 100 mm de diamètre. Il apparaît comme une grosse étoile floue, de diamètre apparent $2'$ d'arc. À cause de sa distance, le Vagabond intergalactique ne dévoile pas facilement ses étoiles. Sa périphérie devient juste granuleuse dans des télescopes de 400 à 500 mm de diamètre, lorsque la turbulence est faible. Malgré tout, la distance faramineuse de cet amas suffit à donner le vertige.

Cet amas distant d'environ 300 000 années-lumière est accessible aux amateurs

LUNETTE VIXEN SD115S II SUR MONTURE SPHINX SXP2 WL

LA QUALITÉ DU SOLEIL LEVANT

Vixen a perdu en visibilité, et pourtant, la marque propose des produits plus que jamais dignes d'intérêt. Témoin, ce test d'une lunette de 115 mm de diamètre, installée sur la monture Sphinx SXP 2 WL.

Jean-Luc Dauvergne

La lunette SD115S II forme un ensemble équilibré et esthétique avec la monture Sphinx SXP2 WL.



LUNETTE VIXEN SD115S II ET MONTURE SPHINX SXP2 WL

Diamètre : 115 mm

Focale : 890 mm

Magnitude limite : 12,8

Poids de la lunette : 6,2 kg avec accessoires

Poids de la monture : 13,3 kg

Capacité de charge : 17 kg

Accessoires : contrepois 1,9 et 3,7 kg, flip mirror, chercheur 7x50

Prix : monture 3 779 € ; lunette 3 099 €

Dans les années 1980 et 1990, la marque Vixen représentait une large partie de l'offre de matériel d'observation amateur. Ses produits fabriqués au Japon se positionnent en milieu et en haut de gamme. Mais depuis, la part de marché de Vixen en Europe a fondu face à la concurrence chinoise et taïwanaise, au point de la rendre marginale. Vixen a pourtant modernisé son offre, comme le montre la dernière version de la monture Sphinx SXP2 désormais dotée d'un module wifi. On se souviendra que ce fabricant créé après-guerre est à l'origine de nombreuses innovations avec le premier système Go-To dès 1984, les Maksutov corrigés VMC en 2002, ou encore l'interface Starbook en 2003. Les modèles de Vixen sont d'autant plus à considérer à l'heure actuelle que le concurrent japonais Takahashi ne propose plus de montures équatoriales. Côté optique, Vixen se démarque aussi en perpétuant une gamme de lunettes de relativement longue focale, un gage d'un bon niveau de correction du chromatisme. La SD115SII testée ici s'inscrit dans cette logique, avec ses 890 mm de focale.

Le tube optique : encombrant, mais léger

Vixen emploie le verre fluoré du verrier japonais Hoara FPL-53 aux propriétés optiques proches de la Fluorite. À noter ici qu'il s'agit d'un simple doublet et non pas d'un triplet, ce qui participe à la légèreté de l'instrument. Le diamètre de 115 mm est un compromis intéressant. C'est supérieur à la moyenne des lunettes, et pourtant, celle-ci n'affiche tube nu que 4,4 kg sur la balance, et 6,2 kg avec ses accessoires. L'objet a néanmoins un certain encombrement avec ses 890 mm de focale. Comme son nom l'indique, la SD115SII est une seconde génération. Vixen n'a pas fait de modification en profondeur. Le principal changement porte sur les cales placées entre les lentilles. Sur la première version, il s'agissait de petites cales rectangulaires en étain. Elles dépassaient un peu dans le champ et entraînaient de la diffraction autour des étoiles en photographie à longue pose.

Elles ont été remplacées par un anneau sur tout le tour qui est invisible. Autre nouveauté : un beau chercheur 7x50 éclairé et doté d'un oculaire amovible. Il est possible ainsi de le transformer en lunette guide pour l'astrophotographie. S'il fallait faire un reproche, et il est récurrent chez Vixen : le porte-oculaire est viable, mais il n'est pas aussi évolué que sur des produits concurrents. Ce point a toujours été négligé par la marque. Chez les concurrents, les systèmes de démultiplication pour avoir un mouvement de mise au point plus fin sont devenus la norme. On voit aussi de plus en plus de porte-oculaire rotatif pour affiner le cadrage. Il n'y a, hélas, rien de tout ça d'origine sur la SD115S.

La monture : un bel aboutissement

Côté monture, on se trouve là aussi en terrain partiellement connu. La gamme Sphinx a pris la relève des Great Polaris au début des années 2000. Elle se décline en trois variantes, les SX, les SXD et enfin la SXP. Cette dernière itération lancée en 2012 fait l'objet de ce test. Ces différentes versions peuvent porter respectivement 12, 15 et 17 kg.

La SXP est un hybride : elle emprunte des parties à l'AXJ de gamme supérieure et d'autres à la SXD de gamme inférieure. Par rapport à cette dernière, la mécanique est renforcée. Le viseur polaire aussi est différent ; il est plus précis. Il s'agit d'une lunette 6x25 et le calage se fait sur trois étoiles, au lieu de la seule Polaire. La SXP a bénéficié à son lancement de la raquette StarBook 10 dotée d'un écran couleur, abandonnée depuis.

Ces montures sont proposées à présent avec l'unité sans fil Vixen Telescope Wireless Unit. Ce petit module se branche sur la prise DB9. Il dispose d'une prise d'autoguidage ST4. En somme, la grosse raquette Starbook se voit remplacée par votre smartphone via une application très semblable au StarBook. On peut aussi opter pour Sky Safari pour piloter la monture, ce qui fonctionne très bien. Cette évolution offre beaucoup d'avantages. La raquette Starbook, même si elle était très bien conçue, avec une bonne ergonomie d'utilisation, était assez grosse.

Dans la pratique, on peut regretter cependant d'avoir à se connecter à son smartphone pour piloter la monture. À noter : le prix de vente a baissé avec l'abandon de la StarBook, c'est assez rare pour être souligné ! Il nous semble tout de même souhaitable d'avoir, en plus de l'unité sans fil, une raquette simple pour les soirs où l'on désire viser une planète. L'option existe : il s'agit de la Starbook One, toujours produite par Vixen, car elle équipe les montures légères AP. L'importateur Bresser doit la proposer à la vente prochainement.



Les nouveautés sur l'instrument sont le chercheur avec l'oculaire amovible et le petit module wifi (en noir ci-contre). La lunette est livrée avec un classique de Vixen : le flip mirror, ou miroir basculant.



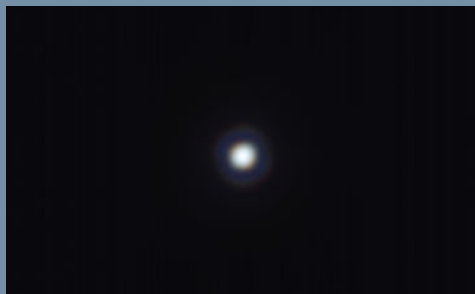
Pour les nostalgiques, il faut noter que le système Starbook 10 peut encore se trouver assez facilement sur les sites japonais de vente d'occasion. La barrière de la langue se contourne via jauce.com et zenmarket.jp, deux plateformes fiables et sécurisées en anglais, ouvertes à l'international et qui agrègent les annonces disponibles sur différents sites (eBay, Yahoo, Rakuten, etc.). Sur ces mêmes sites, on trouve régulièrement la raquette Starbook One pour 100 €, voire un peu moins (hors frais de douane et d'expédition).

L'ergonomie de la monture est très bonne. Tout est intégré, aucun fil ne dépasse en dehors de l'inévitable alimentation. Cette finition lui donne de l'allure, surtout avec la lunette fixée dessus.

L'ergonomie de la monture est très bonne. Tout est intégré, aucun fil ne dépasse en dehors de l'alimentation

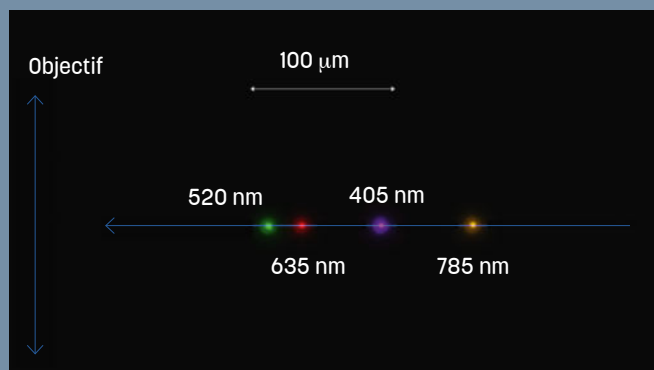
UNE ÉTOILE À LA LOUPE

En observant une étoile à fort grossissement, les anneaux de diffraction sont homogènes. Le chromatisme est très peu perceptible. Le rapport de Strehl est de 0,87 dans l'infrarouge, 0,93 dans le rouge, 0,89 dans le vert et 0,13 au bout du spectre visible à 405 nm. La valeur reste au-dessus de la limite de diffraction de 0,8 sur l'essentiel du spectre.



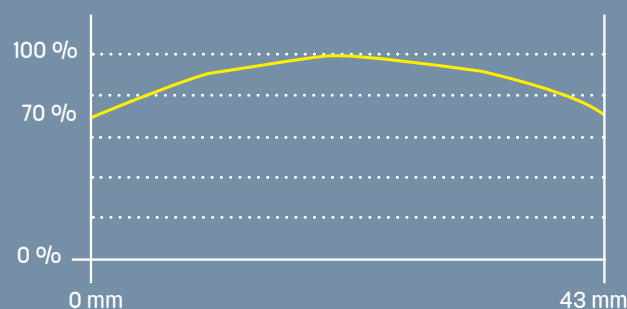
CHROMATISME

Le chromatisme sur l'axe optique est très contenu dans le visible, limité à 80 microns entre le foyer vert et le foyer bleu. L'image infrarouge est en revanche très défocalisée à 485 microns.



VIGNETAGE

Avec un capteur plein format, l'éclairement du capteur est de 70 % dans les coins. On a une meilleure performance avec un capteur au format APC ou micro 4/3. Dans ce cas, la perte de luminosité dans les coins est négligeable.

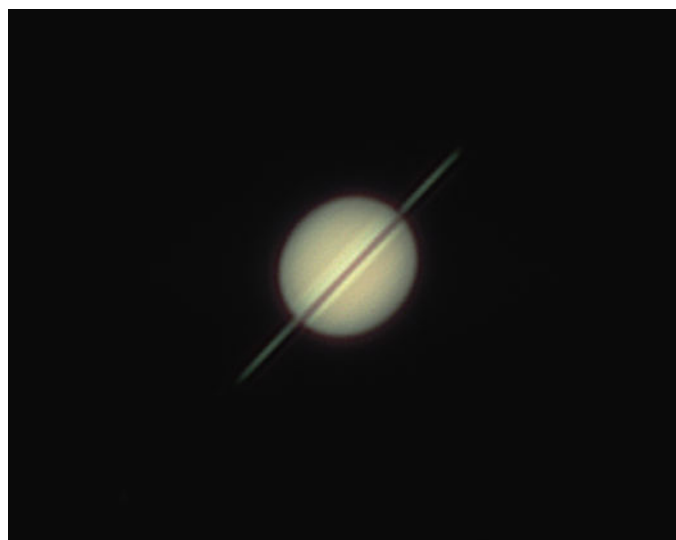


La barre de contrepoids est rétractable et l'architecture globale porte l'essentiel du poids de la monture du côté des contrepoids, de telle sorte que la monture elle-même joue un rôle de balancier. La lunette peut être équilibrée uniquement avec le petit contrepoids Vixen de 1,9 kg ! Pour plus de souplesse, surtout si l'on fait de l'imagerie, le contrepoids de 3,7 kg est préférable.

Nous avons testé la monture sur un trépied Berlebach, car elle est vendue sans trépied. Vixen propose plusieurs modèles à partir de 273 €. À noter que la monture est également livrée sans support de queue d'aronde, ce qui est une bonne chose, car les montures inférieures dans la gamme sont au format Vixen. On peut donc installer sur la SXP2 une platine au format Losmandy vivement recommandée au-delà de 10 à 12 kg de charge. Il faut chercher des platines prévues pour de la visserie M8 espacée de 35 mm. Enfin, nous avons apprécié la discrétion de son moteur : il est presque inaudible en suivi sidéral, et le sifflement est assez faible en pointage. C'est bien mieux que sur les Sphinx de première génération.

Observation planétaire : un instrument polyvalent

La première occasion d'utiliser la Vixen SD115S II a été l'occultation Vénus par la Lune en plein jour le 19 septembre 2025. Le choix d'une lunette d'ouverture moyenne était approprié en raison de la mauvaise stabilité du ciel en pleine journée. L'instrument s'est révélé parfaitement adapté à cette observation. La Lune tenait tout juste dans le champ de la caméra couleur Player One Neptune (IMX585). À cette occasion, nous avons apprécié le flip miroir fourni d'origine. Il fait office de renvoi coudé et permet par un simple levier de basculer le miroir plan pour laisser passer la lumière vers la caméra.



Cette vue de Saturne a été obtenue le 30 octobre 2025 avec une caméra Player One Neptune C montée sur une Powermate 4x.



Les Dentelles du Cygne ont été photographiées avec une caméra ASI 294 MM en 16 minutes de pose avec un filtre Antilia Quad Band. Les étoiles sont fines dans les coins en raison d'une faible courbure de champ, mesurée à seulement 40 microns à 10 mm de l'axe optique.

Mais le plus étonnant a lieu en visant de nuit Saturne. Avec un zoom Nagler 2-4 mm, on se surprend à avoir une image qualitative jusqu'à 2,5 mm (356×). Le rendu tient encore la route à 2 mm, mais la planète est trop sombre. Avec un télescope, il convient en général de ne pas dépasser un grossissement de 2 à 2,5 fois le diamètre de l'instrument exprimé en millimètres. On se surprend ici à pousser sans problème à 3 fois. Seules les lunettes de bonne qualité le permettent. À l'oculaire, les anneaux presque vus par la tranche fin octobre restent parfaitement discernables. De même, la barre sombre à l'avant-plan de la planète est bien perceptible. Le globe de Saturne, lui, est plus uniforme. Des nuances de luminosité sont néanmoins visibles entre l'équateur et les pôles. En imagerie, nous avons utilisé une Powermate 4× pour augmenter l'ouverture à f/30. La lunette supporte sans sourciller et délivre de bonnes images sur la caméra couleur Player One Neptune. Là encore, la mise au point est difficile à obtenir sans démultiplication. Mais elle est assez franche, c'est le plus important. On y parvient avec un peu de patience. Ce type d'optique est aussi particulièrement intéressante pour observer le Soleil ou réaliser des mosaïques de la Lune.

Ciel profond : taillée pour la photo

La lunette délivre des images très fines en observation visuelle. Nous avons notamment visé les Pléiades avec un oculaire de 32 mm à grand champ (82°), qui permet d'apprécier en un regard 3° sur le ciel avec une pupille de sortie de 4,2 mm. Les étoiles restent assez fines, même en bord de champ. Constat similaire à travers un 21 mm doté de 100° de champ. Dans les deux cas, l'amas est saisi dans son ensemble et les nébulosités sont perceptibles. Ce type d'instrument est vraiment intéressant pour avoir une vision globale de cibles très étendues, comme les Pléiades ou la galaxie d'Andromède. Mais c'est avant tout en astrophotographie que l'on a envie de voir le potentiel de cette lunette.

Pour ce test, nous avons fixé sur son dos un AsiAir en utilisant la vis Kodak placée sur la poignée, et le chercheur a servi de lunette guide. On a ainsi un ensemble très ergonomique en limitant les câbles, surtout avec le module wifi. Les images ont été prises directement au foyer avec une caméra ASI294 dotée d'un capteur de 19,1 × 13 mm. Celui-ci bénéficie d'un éclaircissement proche de 100 % sur tout le champ. Dans les coins, les étoiles sont aussi fines qu'au centre. Elles s'allongent légèrement

de 30 % en raison de l'apparition de coma et d'astigmatisme. Le défaut demeure assez limité et peut se corriger avec des plugins tels que BlurXterminator. On apprécie la courbure de champ très faible. Elle ne se manifeste pas sur ce capteur. Sur le reste du champ, les étoiles sont fines malgré l'utilisation d'un filtre Antlia Quad Band laissant passer la lumière bleue, H bêta, OIII dans le vert et HII et SII dans le rouge. Nous avons mesuré une largeur à mi-hauteur des étoiles de 2 secondes d'arc, avec une précision de l'autoguidage variant de 0,35 à 0,55 seconde d'arc.

La mise au point est très incisive et demande beaucoup de minutie. On regrette que la molette ne dispose pas de système de démultiplication. Heureusement cet accessoire existe en option au catalogue Vixen, il offre une démultiplication de 7× (référence X000143, vendue 205 €). L'ouverture de l'instrument de f/7,7 n'est pas idéale en ciel profond. On cherche en général à avoir une ouverture plus grande, d'autant que les caméras actuelles ont des petits pixels. Vixen propose un kit d'accessoires optiques et mécaniques, avec deux tubes allonges, un aplanisseur pour conserver la focale native et un réducteur/aplanisseur 0,79 × abaissant l'ouverture à f/6,1. Cet ensemble coûte 499 €. 🕒

♥ Oculaire amovible sur le chercheur
Tube optique léger
Précision du viseur polaire

♠ Que le trépied, la démultiplication de mise au point et la raquette manuelle soient en option

NOTRE CONCLUSION

Nous avons été emballés par ce test aussi bien par la monture que par la lunette. Cette configuration s'adresse plutôt à des astrophotographes, mais la Vixen SD115S II reste très polyvalente, même en observation visuelle avec son optique de qualité. À l'heure où les montures harmoniques sont à la mode, il est rassurant de voir que des modèles classiques perdurent. Leur poids plus élevé permet d'avoir une meilleure stabilité. En somme, Vixen a su moderniser son offre et il nous semble que la marque mérite plus de considération. D'autant que les tarifs de la monture et de la lunette restent très raisonnables pour du matériel haut de gamme fabriqué au Japon.

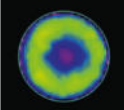
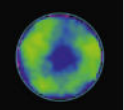
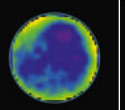
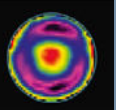
NOTATION

Qualité optique	★★★★★
Mécanique de la monture	★★★★★
Mécanique du tube	★★★★★
Finition	★★★★★
Observation visuelle	★★★★★
Imagerie planétaire	★★★★★
Imagerie du ciel profond	★★★★★
Rapport qualité/prix	★★★★★

Nous remercions Bresser pour la mise à disposition du matériel et Imagine Optic pour la métrologie.

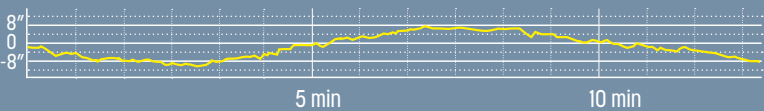
QUALITÉ OPTIQUE

Nous avons mesuré la qualité optique à 4 longueurs d'onde, le résultat est bon dans l'infrarouge (785 nm) et vire à l'excellence dans le rouge (635 nm) et le vert (520 nm). Ça se dégrade nettement dans le bleu, mais la mesure est réalisée à la limite de l'ultraviolet. Ce résultat montre que la lunette n'est pas adaptée à l'observation de Vénus en UV, ou à l'imagerie solaire dans la raie du calcium par exemple, mais elle sera très bonne dans tout autre domaine.

	785 NM	635 NM	520 NM	405 NM
PTV	lambda/3,2	lambda/3,7	lambda/3,4	lambda/1,4
RMS	lambda/17,5	lambda/24,4	lambda/27	lambda/5,5
				

QUALITÉ DE SUIVI

Cette courbe montre les erreurs de suivi de la monture en fonction du temps. On constate des variations de +/- 9" sur une période de 8 minutes. C'est un résultat supérieur à la moyenne, permis notamment par un entraînement par courroies. Il permet de réaliser sans peine des poses de 15 secondes sans guidage. Sur 30 secondes, il commence à y avoir du déchet. À noter que la monture dispose d'un système PEC de correction des erreurs périodiques. On peut arriver à un suivi de haut vol en l'activant.



Complétez votre collection



Retrouvez toutes nos publications
en version papier ou numérique sur
www.cieletespace.fr





Cédric Humbert

Si l'on rapprochait la nébuleuse de la Tarentule à la distance de celle d'Orion, elle couvrirait un quart du ciel. Sa taille apparente est environ moitié moindre uniquement en raison de son éloignement, puisqu'elle se situe dans le Grand Nuage de Magellan, une galaxie périphérique de la Voie lactée. Cette photo montre néanmoins toute la richesse et la complexité de cette région de formation d'étoiles. Ce résultat superbe a été obtenu en pilotant à distance l'équipement du club Sadr installé au Chili.

*Lunette TEC 140 mm / ZWO ASI
6200 MM / 22 h 30 min à travers
des filtres H alpha, L, R, V et B*

Adressez-nous vos photos à :
ouvertlanuit@cieletespace.fr
Merci de nous envoyer vos images
à leur résolution maximale, de
préférence dans un format JPEG
peu compressé.



Benjamin Tilliet

Une belle aurore boréale a été photographiée au sud d'Inari le 24 octobre 2025 en Laponie. À cette date, la région n'est pas encore plongée dans le blanc hivernal, ce qui permet à Benjamin de jouer avec les reflets sur l'eau. On distingue de gauche à droite la Lune, Mars (juste en dessous des draperies), puis Jupiter facilement identifiable, et enfin l'amas des Pléiades.

Objectif RF 16 mm / Canon EOS R6 Mk II / 15 s à f/2,8 et 3200 ISO



Mickaël Coulon et Julien Cadena

Ce réseau de filaments de gaz d'hydrogène et d'oxygène est un reste de supernova répertorié SH2-94 et SH2-96. C'est une cible diffuse qui a nécessité un temps de pose cumulé de 192 h ! Une mosaïque de quatre images a été réalisée pour couvrir le champ. En tout, l'équipement a été mobilisé pendant 51 nuits juste pour cette photo !

Askar 107 PHQ / ZWO ASI 2600 MM / 192 h à travers des filtres H alpha et O III

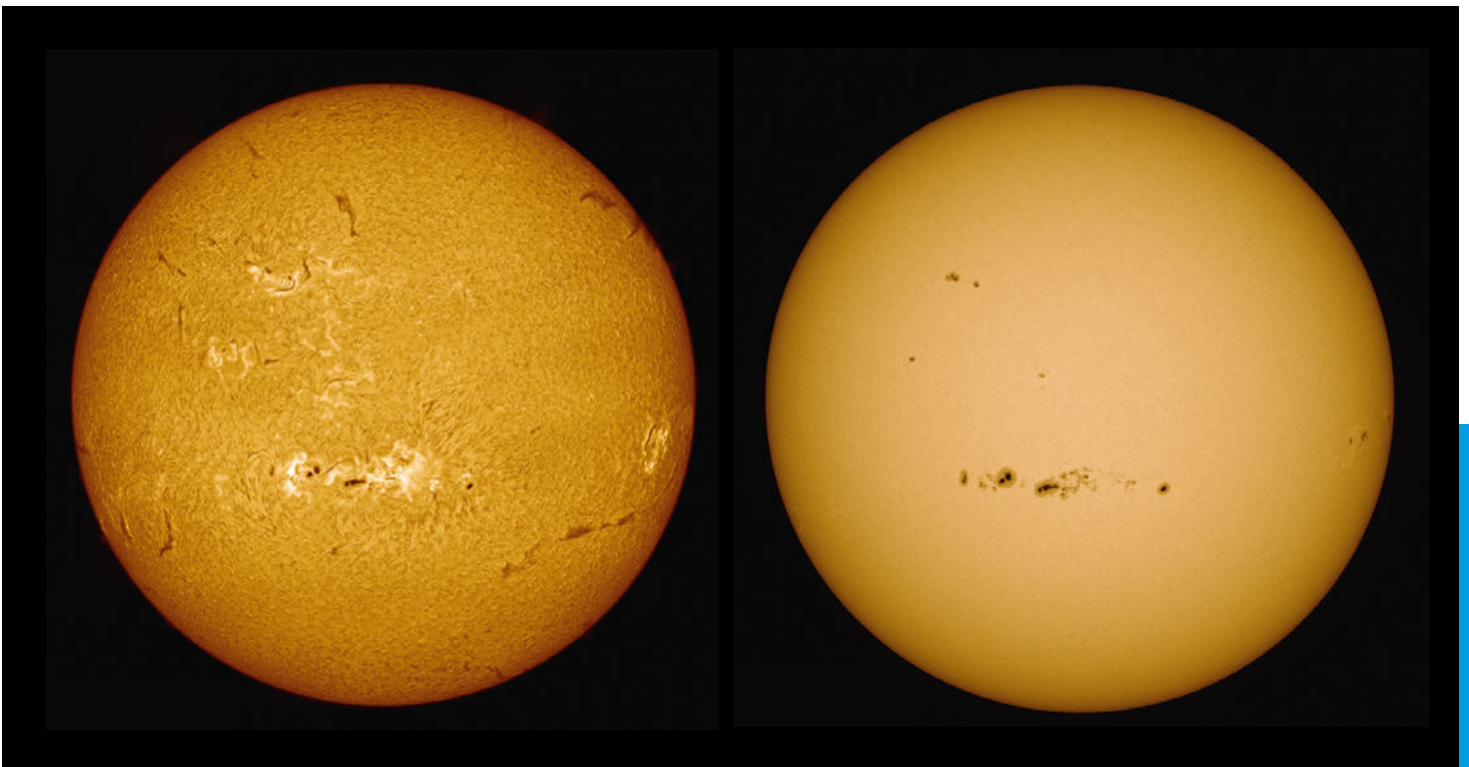
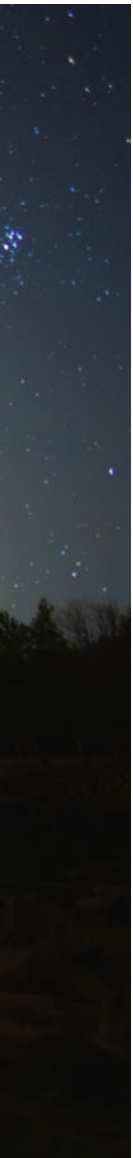
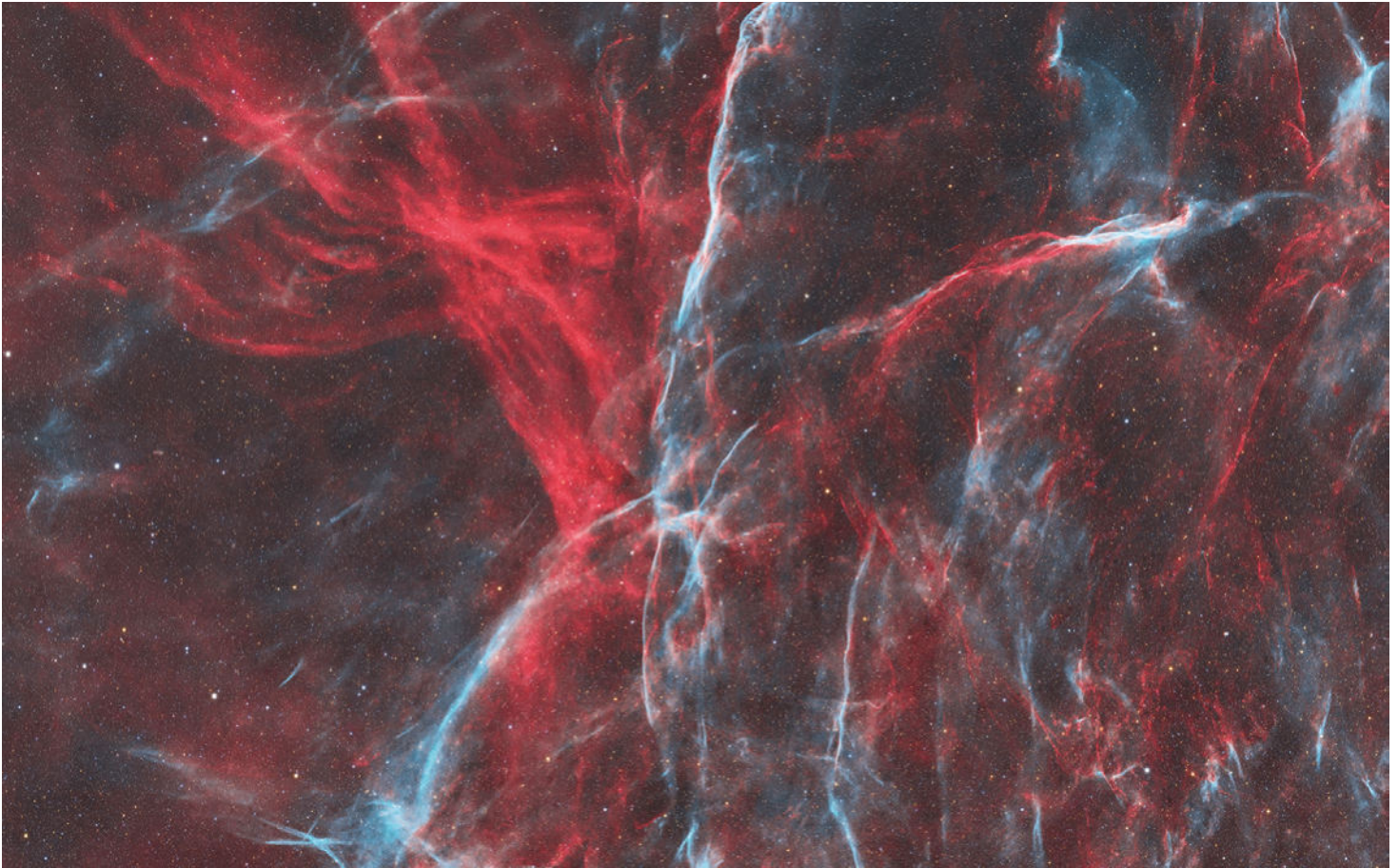


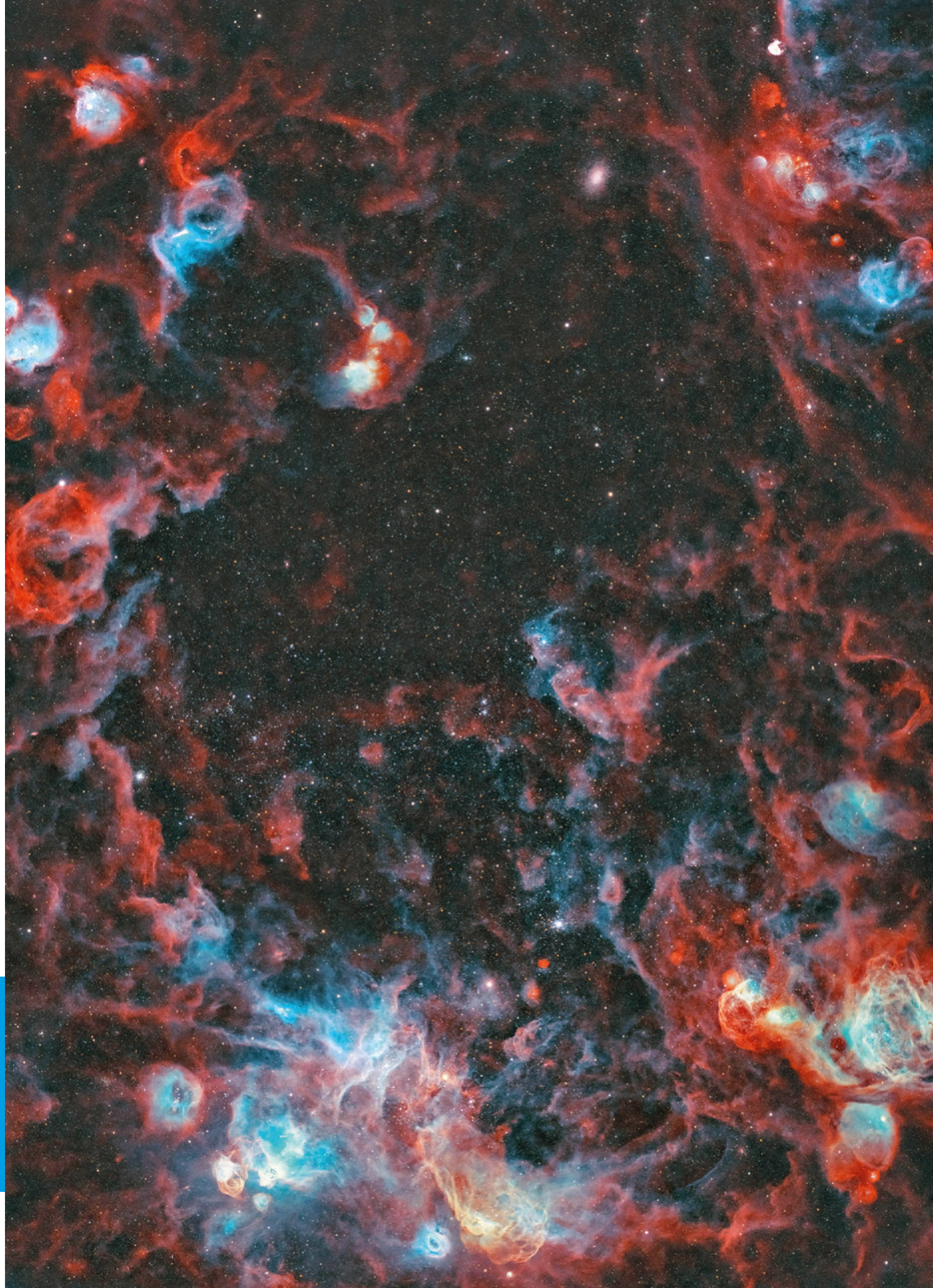
Philippe Tosi

Ce groupe de taches solaires est le plus grand observé depuis l'évènement de Carrington en 1859. Les deux vues ont été réalisées le 5 décembre 2025. Elles sont très différentes. La photo de gauche, obtenue avec un filtre H alpha très sélectif, montre la chromosphère. Celle de droite a été prise avec un hélioscope et révèle notre étoile en lumière visible.

Lunette 80 f/7









Alexandre Delarue

Voici une vaste région de formation stellaire située dans le Grand Nuage de Magellan. La photo montre une belle brochette de cibles du catalogue NGC avec les numéros 2006, 2014, 2020, 2027, 2030, 2032, 2034, 2035, 2040 et 2041! « Le traitement de cette image a été délicat, car il fallait faire ressortir les faibles nébulosités sans saturer les zones les plus lumineuses », souligne Alexandre. La prise de vue a été effectuée avec un des instruments du club Sadr installés au Chili et pilotés à distance.

Lunette TEC 140 mm / ZWO ASI 6200 MM / 22 h 55 min
à travers des filtres S, H, O, R, V et B



Francis Bozon et Cécil Navik

La galaxie NGC 1097 se trouve dans la constellation australe du Fourneau. C'est une belle galaxie spirale déformée par les interactions gravitationnelles. Elle est liée à la plus petite galaxie satellite NGC 1097A, juste à sa droite. L'image a été réalisée en pilotant à distance le matériel situé au Chili hébergé par Obstech.

Télescope Plane Wave CDK 14 / ZWO 6200 MM / 39 h
à travers des filtres H alpha, L, R, V et B





Vincent Prouvoyeur

Le 19 janvier 2026, de belles aurores ont été visibles depuis la France. Elles avaient une coloration verte, fait plus rare encore sous nos latitudes que les aurores elles-mêmes. Pour beaucoup, il aura fallu ce soir-là jongler avec les nuages, comme en atteste cette photo prise sur le vif.

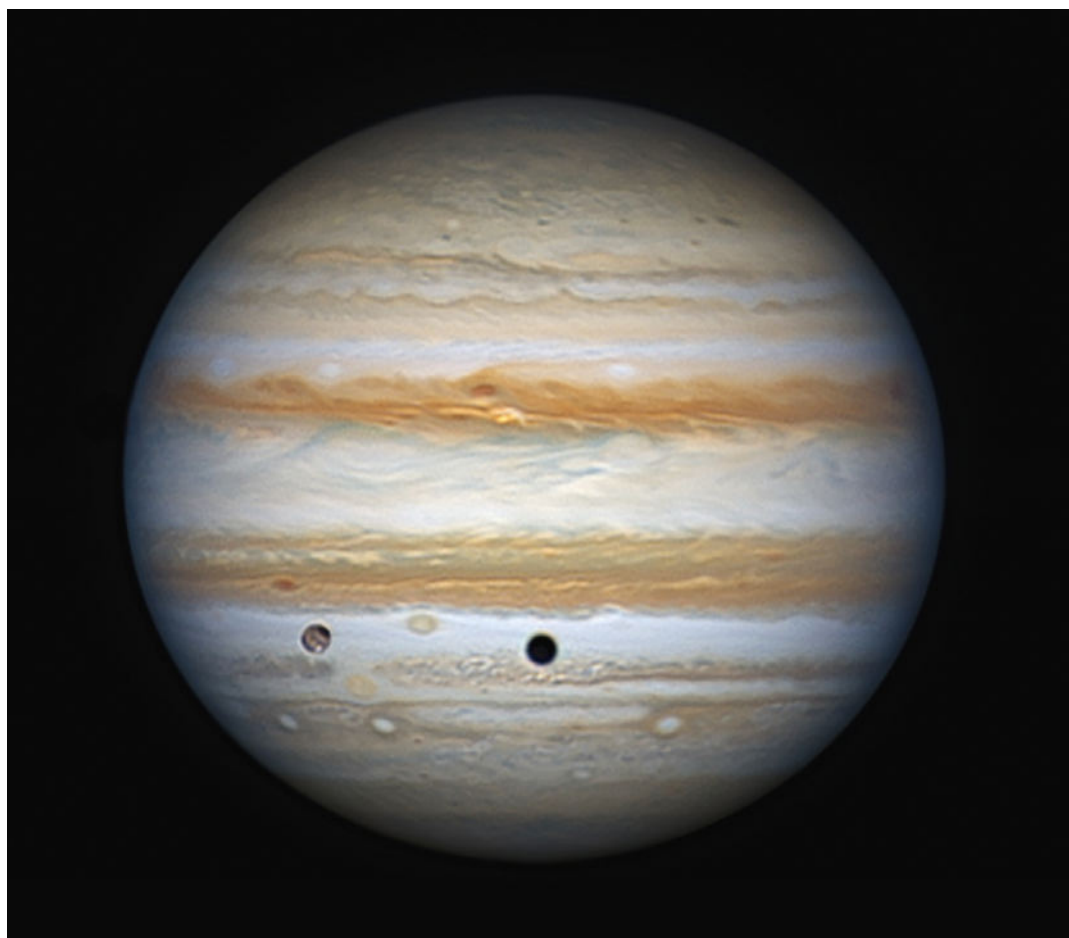
Sigma Art 14 mm f/1,8 / Canon EOS 5D Mk III / 0,8 s à 3200 ISO



Jean-Paul Oger

À quelques jours de l'opposition de Jupiter, Jean-Paul a saisi cette image de la planète géante, l'une des meilleures réalisées en France pendant cette opposition. Ganymède est en train de passer devant Jupiter en projetant son ombre. De nombreux détails sont visibles sur le satellite !

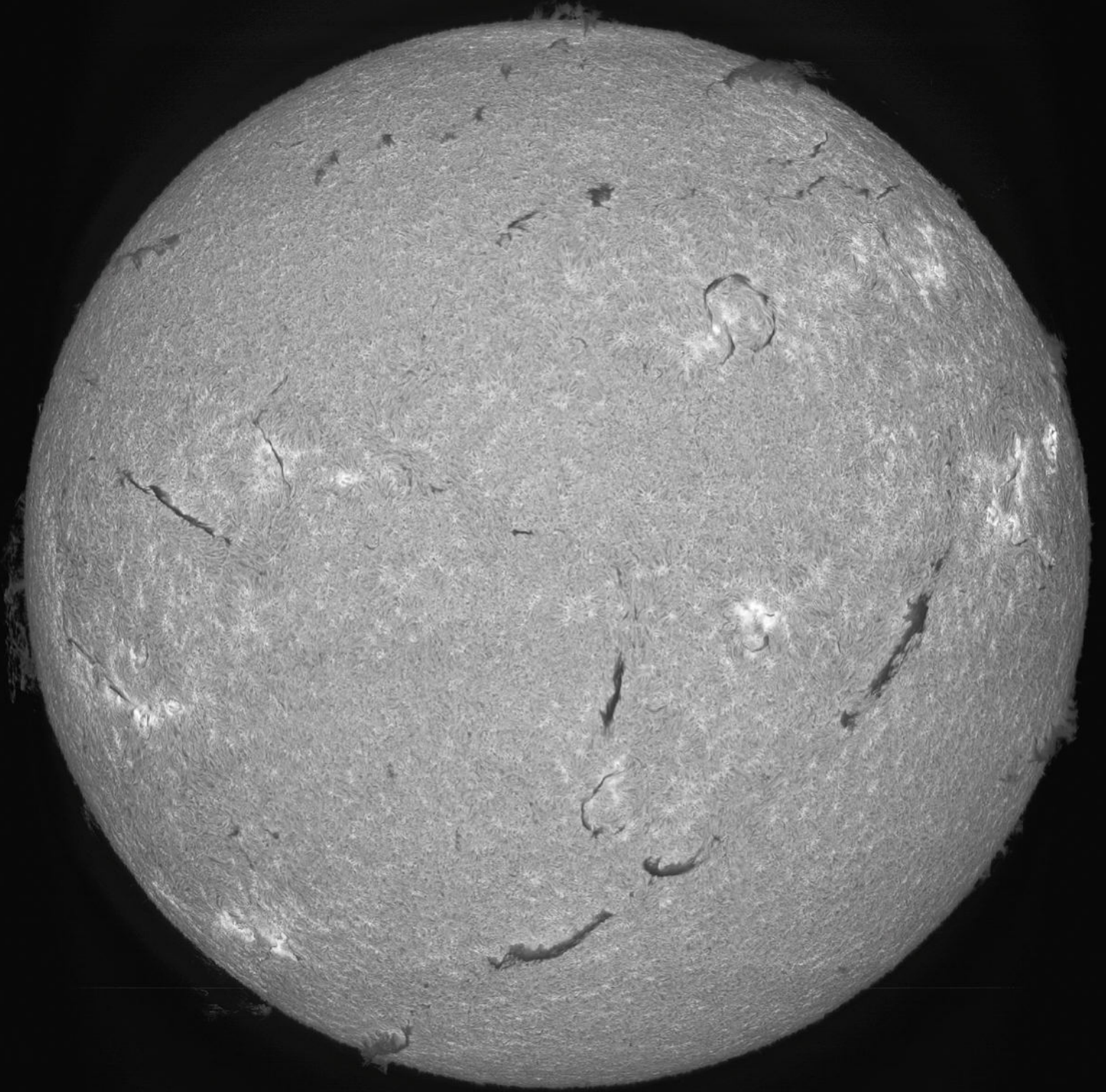
Newton FlexTube Sky-Watcher 406 mm / Caméra ASI 664



François Rouvière

Ce superbe portrait du Soleil a été obtenu avec le spectrohéliographe Sol'Ex inventé par Christian Buil. Un ciel stable lors de la prise de vue a permis d'atteindre une très bonne résolution. Sol'Ex est disponible en open source et peut être monté à base d'impressions 3D et de composants optiques distribués par Shelyak.

Lunette Takahashi 100 mm / Spectrohéliographe Sol'Ex



2 AVRIL

Spica, l'étoile principale de la Vierge, brille d'un éclat bleuté au-dessus de la Pleine Lune.

3 AVRIL

Mercure est à son élongation maximale dans le ciel du matin. L'angle qu'elle fait avec le Soleil atteint une valeur quasiment record de 27,8°. Elle demeure basse depuis nos latitudes, mais elle est très bien visible sous les tropiques.

4 AVRIL

La Terre se trouve à 1 unité astronomique du Soleil.

4 AVRIL

La comète C/2026 A1 Maps découverte en janvier par une équipe française est au périhélie. Elle pourrait atteindre la magnitude -4, en passant à 120 000 km de la surface du Soleil. Si elle survit à ce rase-mottes, il est possible qu'elle devienne observable à partir du 10 avril 2026.

6 AVRIL

La Lune croise l'étoile Antarès à seulement 0,6°.

18 AVRIL

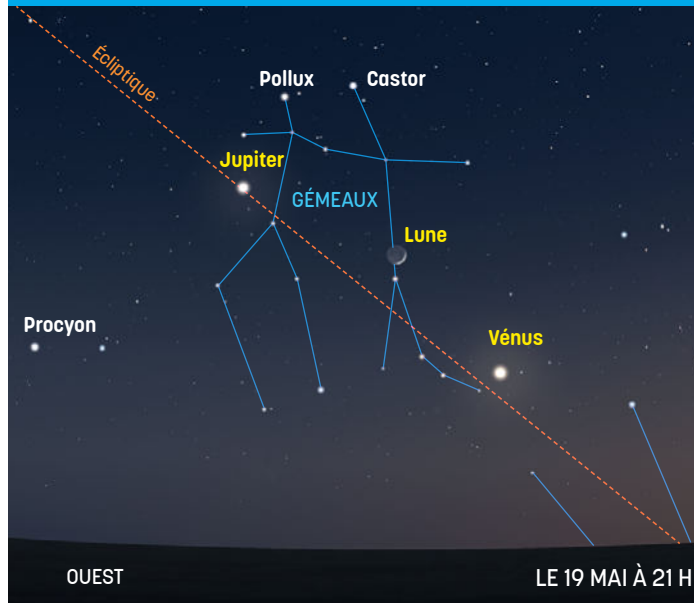
À l'œil nu ou aux jumelles, recherchez le minuscule « cil » lunaire dans les lueurs du couchant. Vénus brille 7° plus à l'ouest, un peu plus haut sur l'horizon.

20 AVRIL

Triple conjonction à l'aube entre Mars, Saturne et Mercure. La configuration est exceptionnelle. Les trois astres sont visibles sous un angle d'un peu moins de 2°. Hélas,

UN CROISSANT ET DEUX PLANÈTES

La veille, la Lune était en conjonction dans le ciel du soir. Le 19 mai 2026, elle a pris de la hauteur et se trouve désormais à mi-distance entre Vénus et Jupiter. Les trois astres ne sont pas alignés, car la Lune est légèrement au nord de l'écliptique.



l'inclinaison de l'écliptique rend l'observation difficile depuis la France, mais elle vaut le coup plus bas en latitude.

22 AVRIL

Maximum de l'essaim des Lyrides, actif du 16 au 26 avril. Ces étoiles filantes sont moyennement rapides (47 km/s) et parfois lumineuses. Leur taux horaire avoisine 20.

25 AVRIL

Solstice d'hiver dans l'hémisphère nord de Mars.

25 AVRIL

Io, Europe, Ganymède et Callisto se montrent dans leur ordre naturel à l'ouest de Jupiter.

26 AVRIL

Avant de se coucher peu après 2 h, la Lune se rapproche à 0,5° de Régulus, l'étoile principale du Lion.

3 MAI

À partir de ce soir et dans les quinze prochains jours, vous pouvez tenter de voir la lumière zodiacale vers l'ouest après le crépuscule.

6 MAI

Pic d'activité de l'essaim des Éta Aquarides, associé à la célèbre comète de Halley. Il peut atteindre jusqu'à 50 météores par heure. La

Lune gibbeuse interfère et seules les étoiles filantes les plus brillantes perceront le firmament en fin de nuit.

8 MAI

Vénus passe à l'avant-plan de l'amas ouvert NGC 1746 (magnitude 6,1) situé dans la constellation du Taureau.

10 MAI

À Paris, le Soleil se couche dans l'arche de l'Arc de Triomphe, vu depuis le rond-point des Champs-Élysées.

14 MAI

L'équation de temps atteint son maximum négatif à -3 min 40 s.

14 MAI

Mercure passe en conjonction supérieure. La première planète est donc inobservable.

18 MAI

Belle conjonction Lune-Vénus dans le ciel du soir. Les deux astres sont séparés de 4°.

20 MAI

Le croissant de Lune surplombe Jupiter à 4°.

31 MAI

C'est rare : le mois de mai compte deux Pleines Lunes, la première le 1^{er} mai et la seconde le 31.

Horaires en temps universel (TU). Heure légale = TU + 2 h

PHÉNOMÈNE À VOIR AVEC

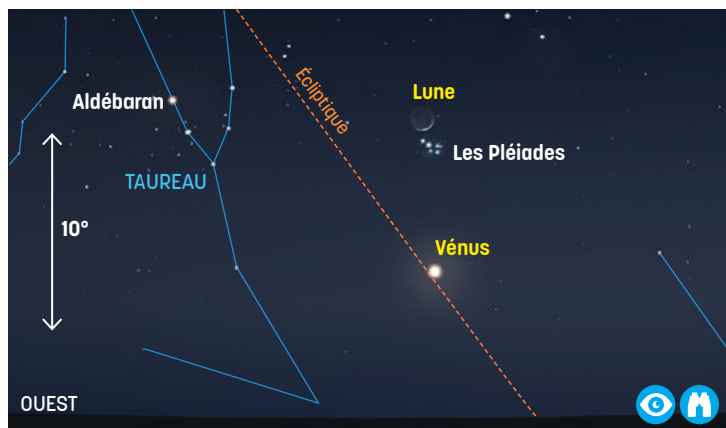
œil nu



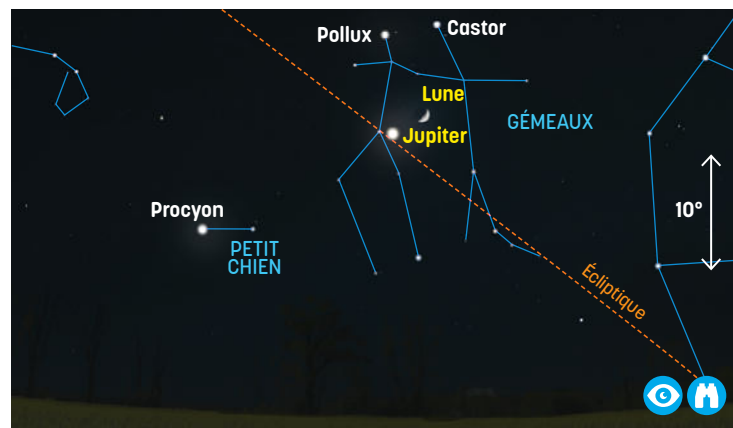
jumelles



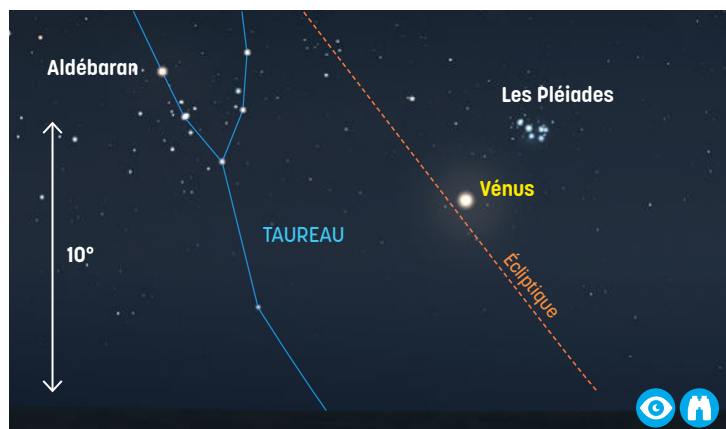
télescope



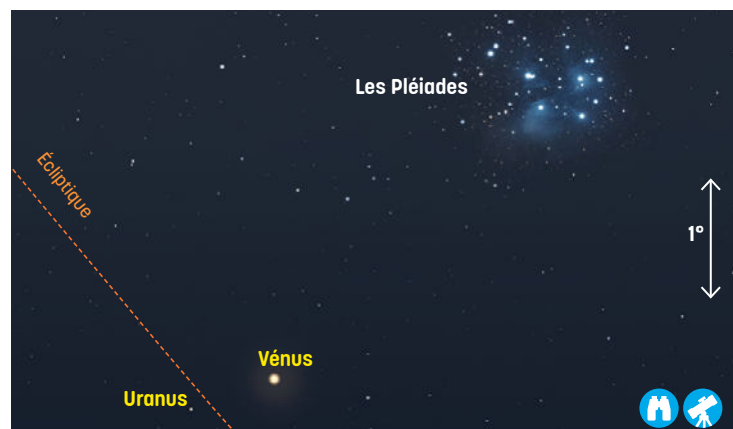
19 AVRIL À 20 H 20 TU | Beau rapprochement entre un fin croissant de Lune et les Pléiades. Lorsque la nuit tombe, notre satellite se trouve à moins de 1° au nord de l'amas d'étoiles. Le disque lunaire affiche alors une belle lumière cendrée.



22 AVRIL À 22 H 20 TU | La Lune en croissant surplombe Jupiter. L'écart entre les deux astres est de 4°. Lire aussi notre article « Rendez une visite aux Gémeaux » page 108.



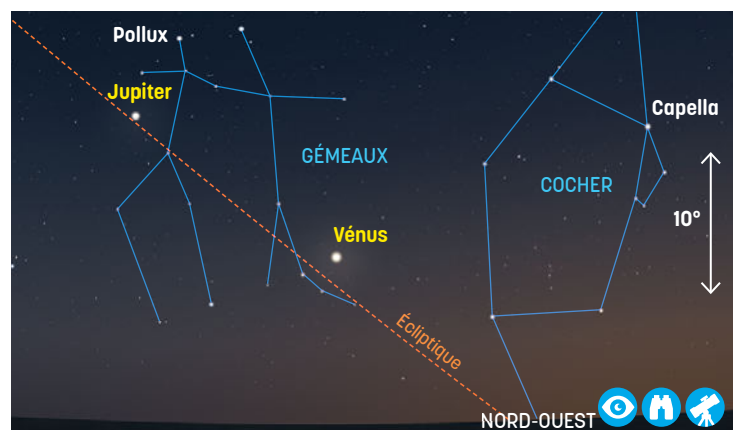
23 AVRIL À 20 H 30 TU | Vénus croise sous l'amas des Pléiades au crépuscule à 3°. La configuration est également intéressante le 24 avril.



23 AVRIL À 21 H TU | La lointaine planète Uranus se trouve à moins de 1° au sud-ouest de Vénus. Elle est visible aux jumelles et dans une petite lunette, comme un point vert jaune. Faites sortir l'éblouissante Vénus du champ pour une vision plus confortable.



20 MAI À 21 H 10 TU | La planète Vénus s'installe à moins de 1° de l'amas ouvert M 35. Un spectacle à contempler à l'œil nu ou aux instruments.



22 MAI À 21 H TU | Vénus culmine au plus haut sur l'horizon dans le ciel du soir. Elle est en phase gibbeuse. Son elongation maximale sera atteinte en août. Cependant, d'ici là, l'écliptique se sera refermé sur l'horizon.

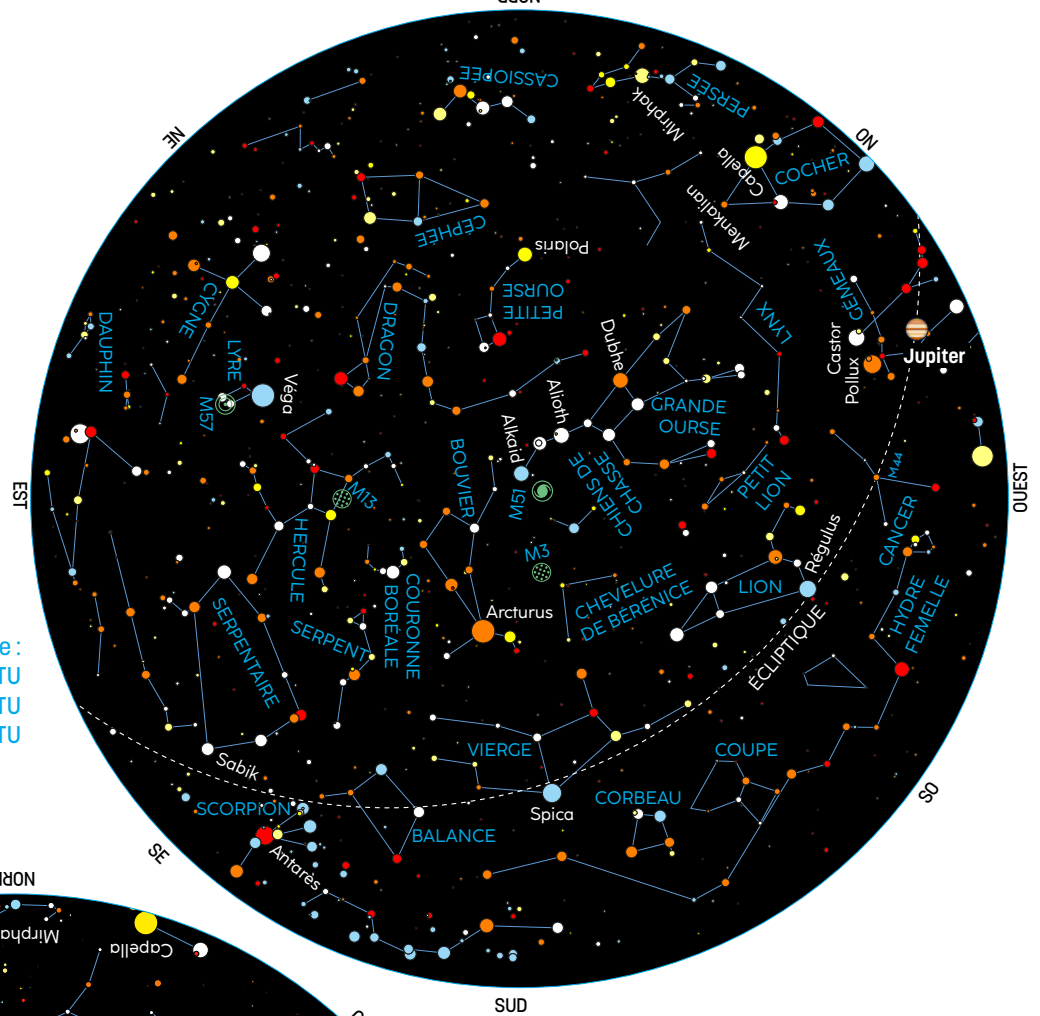
LE CIEL NOCTURNE

CIEL À LA LATITUDE DE
CLERMONT-FERRAND
(45° 47' N).

Si vous habitez plus au
nord, l'Étoile polaire sera
plus haute dans le ciel
et les étoiles de la partie
sud de la voûte céleste
seront plus proches de
l'horizon (et inversement
si vous habitez au sud).

Carte valable le :
1^{er} avril à 1 h TU
15 avril à 0 h TU
1^{er} mai à 23 h TU

Carte valable le :
1^{er} mai à 1 h TU
15 mai à 0 h TU
1^{er} juin à 22 h TU



NORD

SUD

EST

OUEST

NE

NO

SE

SO

S

N

NE

NO

SE

SO

S

N

NE

NO

SE

SO

S

N

NE

NO

SE

SO

S

N

NE

NO

SE

SO

S

N

NE

NO

SE

SO

S

N

NE

NO

SE

SO

S

N

NE

NO

SE

SO

S

N

NE

NO

SE

SO

S

N

NE

NO

SE

SO

S

N

NE

NO

SE

SO

S

N

NE

NO

SE

SO

S

N

NE

NO

SE

SO

S

N

NE

NO

SE

SO

S

N

NE

NO

SE

SO

S

N

LÉGENDE

- Amas ouvert
- Amas globulaire
- Nébuleuse diffuse
- Nébuleuse planétaire
- Galaxie
- ORION Constellation
- Spica Étoile

RETROUVEZ AUSSI NOS
CONSEILS D'OBSERVATION
SUR CIELETESPACE.FR

MERCURE		VÉNUS	
15/4	15/5	15/4	15/5
			
6,4"	5,1"	11,1"	12,4"
▲ 4 h 29	▲ 4 h 11	▲ 5 h 54	▲ 5 h 46
▼ 16 h 16	▼ 19 h 34	▼ 20 h 15	▼ 22 h 12
Mv 0,02	-2,3	-3,9	-3,9
★	—	★★★★	★★★★

MARS	JUPITER	SATURNE	URANUS	NEPTUNE
1/5	1/5	1/5	1/5	1/5
				
4,2"	35,5"	16"	3,4"	2,2"
▲ 3 h 47	▲ 8 h 39	▲ 3 h 41	▲ 5 h 24	▲ 3 h 25
▼ 16 h 46	▼ 0 h 34	▼ 16 h 01	▼ 20 h 47	▼ 15 h 30
Mv 1,2	-2	1	5,9	x
—	★★	—	—	—

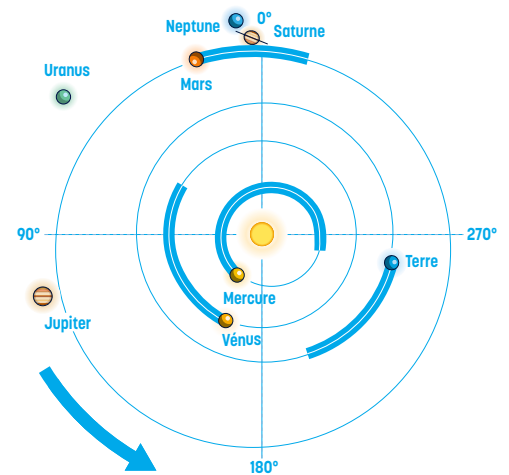
Magnitude : Mv

Taille apparente : xx"

▲ Lever ▼ Coucher en TU

POSITIONS HÉLIOCENTRIQUES

au 31 mai



Mercury, Vénus, la Terre et Mars : la courbe indique leur déplacement depuis le 1^{er} avril.

LA LUNE

○ 2 avril
Vierge◐ 10 avril
Sagittaire● 17 avril
Poissons◑ 24 avril
Cancer○ 1^{er} mai
Balance◐ 9 mai
Capricorne● 16 mai
Bélier◑ 23 mai
Lion○ 31 mai
Scorpion

VISIBILITÉ DES PLANÈTES

Mercury atteint son élongation ouest maximale le 3 avril 2026 à 28°. Elle fait donc une très belle apparition, mais est visible plutôt sous les tropiques. En France, l'inclinaison de l'écliptique peu favorable rend l'observation difficile.

Elle n'est pas observable en mai. **Vénus** est mieux lotie dans le ciel du soir où elle fait une belle apparition. **Mars** reste baignée dans les lueurs de l'aube, mais prend peu à peu de la hauteur. **Jupiter**, elle, est toujours visible le soir, mais perd peu à peu

de la hauteur. **Saturne** remonte à l'aube, mais elle se détache des premières lueurs qu'à partir de la première moitié du mois de mai. **Uranus** reste encore visible le soir en avril. **Neptune**, quant à elle, est inobservable.

En avril-mai,
vers 22 h



PROCYON, GROS SOLEIL ACCOMPAGNÉ D'UN RÉSIDU STELLAIRE

L'une des étoiles les plus brillantes du ciel cache un passé spectaculaire. Il y a un milliard d'années, elle s'est retrouvée plongée dans une vaste nébuleuse planétaire.

Philippe Henarejos

En ce début de printemps, un astre scintille à belle hauteur sur l'horizon sud. Il s'agit de Procyon, la septième étoile la plus brillante du ciel nocturne. Son diamètre est le double de celui du Soleil, même si elle ne fait que 1,4 masse solaire. Si Procyon était à la place du Soleil, son disque nous semblerait imposant. Attardez-vous un instant sur cette étoile distante de seulement 11,4 années-lumière. Elle est accompagnée d'un résidu stellaire que l'on appelle une naine

blanche, qui boucle sa révolution autour d'elle en 40,8 ans. Cette naine blanche, d'un diamètre de 8 600 km, est invisible dans de petits instruments. Mais songez qu'elle résulte de la dispersion dans l'espace de l'enveloppe gazeuse d'une géante rouge, il y a de cela un milliard d'années. Si cette phase avait lieu aujourd'hui, elle produirait un spectacle fascinant : Procyon serait entourée d'une nébuleuse dont la taille apparente égalerait celle de la Lune...



**INITIEZ-VOUS
À L'ASTRONOMIE
AVEC LES STAGES
ÉTOILE**

PROCHAIN STAGE 1^{re} ET 2^e ÉTOILE AVEC L'AFA

du 17 au 19 avril 2026 au Lac d'Orient, près de Troyes (Aube)

Un stage en pension complète pour apprendre à exploiter pleinement son instrument, l'entretenir et connaître ses possibilités d'évolution

Programme et réservation :

<https://www.afastronomie.fr/stage-1re-et-2e-etoile-au-lac-d-orient>

BIENVENUE



OBSERVATOIRE DOMESTIQUE INTELLIGENT

• Capteur Sony CMOS
• Technologie StarSense
brevetée
• Tiroir à filtres intégré

• Anneau chauffant et
pare-buée intégrés

• Diamètre de 152 mm (6")
pour une focale de 335 mm

• Ordinateur intégré
• Automatique, traitement des images
gérées par l'IA
• Mise au point manuelle et/ou automatique
• Double ventilateurs de refroidissement

• Batterie LiFePO4, 97.9 Wh intégrée
• Wi-Fi

• Application Celestron Origin
fonctionnant avec SkySafari™

Observation du ciel, Astro-Imagerie & Astro-Photographie *REDÉFINIES*

Découvrez Celestron Origin, l'observatoire intelligent tout-en-un qui capture des images époustouflantes de notre ciel et les transmet à votre téléphone ou tablette en quelques secondes à peine.

Ce système révolutionnaire remplace à la fois l'observation visuelle, l'Astro-Photographie et l'Astro-Imagerie en un seul et même instrument.

Grâce au Telescope Intelligent Celestron Origin à vous les détails que vous ne pourriez pas voir avec un télescope de plus grand diamètre. Il vous permettra également de sauvegarder et de partager vos images.

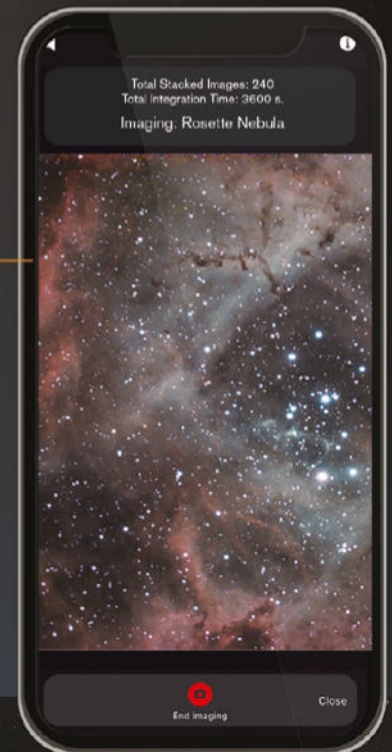
Avec le savoir faire et les technologies optiques brevetées Celestron (RASA - f/2,2), les performances et les résultats sont tout simplement stupéfiants.

Rejoignez-nous dans ce nouveau voyage rempli de découvertes.



Pour en savoir plus :
scannez ici

VERITABLES IMAGES CAPTURÉES AVEC UN CELESTRON ORIGIN - SANS TRAITEMENTS SUPPLÉMENTAIRES



UN HÉRITAGE D'INNOVATIONS UNE NOUVELLE ÈRE DE DÉCOUVERTES